



TESIS - TE - 142599

***Targeting* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Informasi Target**

ABDI KURNIAWAN RADJA
2213205017

DOSEN PEMBIMBING

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
KONSENTRASI TEKNOLOGI PERMAINAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



TESIS - TE - 142599

Targeting Base on Fuzzy logic using Target Information

ABDI KURNIAWAN RADJA
2213205017

SUPERVISORS

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

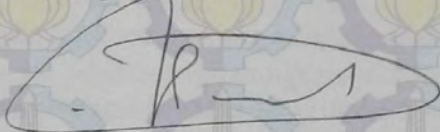
MAGISTER PROGRAM
EXPERTISE FIELD OF MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

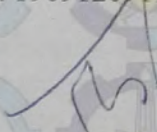
Oleh :
Abdi Kurniawan Radja
NRP. 2213205017

Tanggal Ujian : 7 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

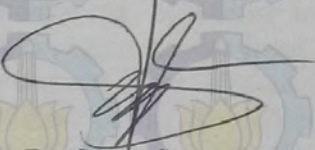
Disetujui Oleh :



1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 1)
NIP. 196912091997031002



2. Dr. Supeno Mardi Susiki N, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIP. 197003131995121001



3. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc. (Penguji)
NIP. 196906131997021003



4. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Penguji)
NIP. 196907301995121001



Direktur Program Pasca Sarjana

Prof. Ir. Diah Nur M. Sc Ph.D.
NIP. 196012021987011001

Targeting Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan

Informasi Target

Nama Mahasiswa : Abdi K. Radja

NRP : 2213205017

Dosen Pembimbing : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D
Dr. Supeno Mardi S N, S.T., M.T

ABSTRAK

Sistem pemilihan target yang biasa digunakan dalam kebanyakan game RTS adalah agar NPC menyerang target/bangunan musuh yang lebih dekat ke arahnya, hal ini tentu tidak menguntungkan jika target yang terdekatnya adalah bangunan yang memiliki sumberdaya yang sedikit untuk diambil atau bangunan yang tidak memiliki sumberdaya sama sekali. Dalam penelitian ini AI dikembangkan untuk membuat pasukan memilih bangunan musuh terbaik sebagai target menggunakan Logika Fuzzy. Layaknya sebuah bangunan dijadikan target ditentukan berdasarkan informasi target yaitu jumlah sumberdaya target, jenis NPC, jumlah tower disekitar target dan jarak menuju target, dengan begitu sebuah target dengan sumberdaya sekian, jarak dari NPC sekian dan dengan jumlah bangunan bertahan yang melindunginya sekian dapat ditentukan apakah layak diserang atau tidak. Dengan menggunakan model serangan otonom ini, pasukan diharapkan untuk menyerang bangunan musuh yang paling efektif untuk mendapatkan sebanyak mungkin sumberdaya.

Dari percobaan yang dilakukan telah berhasil membuktikan bahwa dengan menggunakan sistem pemilihan mampu untuk mendapatkan sumberdaya yang lebih banyak dengan perbandingan 97,55% untuk sistem pemilihan dan 78,67% untuk yang tidak menggunakan sistem pemilihan, dan bahkan jumlah pasukan/NPC tersisa yang lebih banyak, dengan menggunakan sistem pemilihan pasukan/NPC tersisa adalah 25% pasukan/NPC berbanding 1,5% pasukan/NPC atau nyaris tak tersisa jika tidak menggunakan sistem pemilihan.

Kata Kunci : Pemilihan Target, Perilaku Menyerang

Targeting Base on Fuzzy logic using Target Information

Name : Abdi K. Radja

NRP. : 2213205017

Dosen Pembimbing : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D
Dr. Supeno Mardi S N, S.T., M.T

ABSTRACT

On RTS game, success of AI depends on effective decision making on actions by NPCs in the game. In many RTS game decision making system usually made the NPC to attack the nearest target from it, although the nearest target does not always the good target or it does not give the good looting for resources or even target that that do not have resources in it. In this research an intelligent agent is developed to make attacking troops choose the best enemy building as target using fuzzy logic. The decision based on target information such as distance, target's resources , the amount of tower that protects the target and the type of NPC. using autonomous attack model, the troops will be expected to attack the most effective enemy building to gain maximum resources available.

The simulation verified that this decision making system succeed to get more loot for resources with percentage 97.55% in the same circumstance the default decision making system just had 78.67%, this decision making system also succeed to save more NPC or troops for 25 % and 1,5 % NPC/troop if use the default decision making system

Keywords : target selection, attack behaviour

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus. Dengan kehendak-Nya, Penelitian Tesis dengan Judul ” *Targeting* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Informasi Target” dapat penulis selesaikan dengan baik dan tepat waktu pada semester 4 Program Pasca Sarjana, Program Jaringan Cerdas Multimedia Bidang Teknologi Permainan Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama pelaksanaan penelitian Tesis ini, Penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik bantuan langsung maupun bantuan sokongan semangat dan doa dari rekan – rekan, orang tua, saudara, para dosen. Penulis sampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Mochamad Hariadi, ST., M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing pertama, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
3. Seluruh rekan-rekan S2 Gametech 2013 dan sisa – sisa angkatan Gametech 2012 yang turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Game	5
2.2 NPC	9
2.3 AI	11
2.4 FSM	11
2.5 Decision Making	14
2.6 Fuzzy Logic	15
2.7 Pemilihan Target pada Game RTS	22

BAB III METODE DAN DESAIN

3.1 Metode Pemilihan Target.....	25
3.1.1 Skenario Pemilihan Target.....	25
3.1.2 Finite State Machine Pemilihan Target.....	26
3.1.3 Desain Logika Fuzzy.....	30
3.1.4 Pemilihan Keputusan NPC.....	37
3.1.5 Perancangan Pengujian Sistem	38
3.2 Desain Model dan NPC Pasukan Dan NPC Bangunan Defense.....	39
3.2.1 Desain Model Pasukan Berpedang(melee)	39
3.2.2 Desain Model Pasukan Panah(Range)	40
3.2.3 Desain Model Bangunan Food Storage	40
3.2.4 Desain Model Bangunan Gold Storage.....	41
3.2.5 Desain Model Bangunan Stone Storage.....	42
3.2.6 Desain Model Bangunan Gold Collector	42
3.2.7 Desain Model Bangunan Stone Collector	43
3.2.8 Desain Model Town Hall	44
3.2.8 Desain Model Bangunan Defense.....	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian.....	50
4.1.1 Pengujian dengan 60 NPC Melee	50
4.1.2 Pengujian dengan 50 NPC Melee dan 10 NPC Range.....	53
4.1.3 Pengujian dengan 40 NPC Melee dan 20 NPC Range.....	54
4.1.4 Pengujian dengan 30 NPC Melee dan 30 NPC Range.....	56
4.1.5 Pengujian dengan 20 NPC Melee dan 40 NPC Range.....	57

4.1.6 Pengujian dengan 10 NPC Melee dan 50 NPC Range.....	59
---	----

4.1.7 Pengujian dengan 60 NPC Range	60
---	----

4.2 Perbandingan Pengujian.....	62
---------------------------------	----

4.2.1 Perbandingan Sumberdaya yang terambil.....	62
--	----

4.2.2 Perbandingan NPC yang tersisa.....	63
--	----

4.2.3 Perbandingan Bangunan yang berhasil dihancurkan	64
---	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	65
----------------------	----

5.2 Saran	66
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	67
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pergerakan Pasukan.....	1
Gambar 2.1 Fog of War	8
Gambar 2.2 Contoh FSM Sederhana.....	11
Gambar 2.3 Contoh FSM Dasar.....	12
Gambar 2.4 Model Decision Making.....	15
Gambar 2.5 Informasi dalam pembuatan keputusan.....	15
Gambar 2.6 Fungsi keanggotaan segitiga	17
Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan trapezium.....	17
Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan Gaussian	18
Gambar 2.9 Diagram Blok <i>Fuzzy</i>	19
Gambar 2.10 NPC Melee Troop	23
Gambar 2.11 NPC Range Troop	24
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Skenario Pemilihan Target.....	26
Gambar 3.3 FSM Pemilihan Target	27
Gambar 3.4 Alur Penentuan Target	27
Gambar 3.5 Bangunan yang masuk dalam range serang Tower Defense.....	28
Gambar 3.6 Range Bangunan Defense	29
Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan : Trapezium.....	31
Gambar 3.8 Derajat keanggotaan parameter Sumberdaya.....	31
Gambar 3.9 Derajat keanggotaan parameter Nilai Defense.....	32
Gambar 3.10 Derajat Keanggotaan parameter Jarak.....	33

Gambar 3.11 Derajat keanggotaan output.....	34
Gambar 3.12 Metode Keanggotaan Maksimum.....	37
Gambar 3.13 Kondisi 2 bangunan dengan prioritas sama-sama High.....	36
Gambar 3.14 Kondisi 2 bangunan dengan prioritas sama-sama Normal.....	37
Gambar 3.15 Kondisi 2 bangunan dengan prioritas sama-sama Low.....	38
Gambar 3.16 Pasukan Berpedang	39
Gambar 3.17 Pasukan Panah.....	40
Gambar 3.18 Food Storage	40
Gambar 3.19 Bangunan Gold Storage	41
Gambar 3.20 Bangunan Stone Storage	42
Gambar 3.21 Bangunan Gold Collector.....	43
Gambar 3.22 Bangunan Stone Collector.....	43
Gambar 3.23 Bangunan TH	44
Gambar 3.24 Bangunan Defense Archer	45
Gambar 3.25 Bangunan Defense Cannon.....	46
Gambar 3.26 Bangunan Defense Wizard.....	47
Gambar 3.27 Bangunan Defense Mortar	47
Gambar 4.1. Perbandingan Sistem Pemilihan.....	49
Gambar 4.2 Skenario Pengujian 1.....	50
Gambar 4.3 Skenario Pengujian 2.....	54
Gambar 4.4 Jarak serang <i>Wizzard Tower</i>	55
Gambar 4.5 Skenario Pengujian 3.....	56
Gambar 4.6 Skenario Pengujian 4.....	57
Gambar 4.7 Skenario Pengujian 5.....	58
Gambar 4.8 Skenario Pengujian 6.....	59

Gambar 4.9 <i>Mortar Tower</i> menyerang pasukan Range.....	60
Gambar 4.10 Skenario Pengujian 7.....	61
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Sumberdaya terambil.....	62
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan NPC yang tersisa.....	63
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Bangunan yang berhasil dihancurkan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tingkat Bahaya Defense Building	30
Tabel 3.2 Himpunan Fuzzy	30
Tabel 3.3 Linguistic Variable.....	36
Tabel 3.4 Statistik Pasukan Berpedang.....	39
Tabel 3.5 Statistik Pasukan Panah	40
Tabel 3.6 Statistik Bangunan Food Storage.....	41
Tabel 3.7 Statistik Bangunan Gold Storage	42
Tabel 3.8 Statistik Bangunan stone Storage.....	42
Tabel 3.9 Statistik Bangunan Gold Collector	43
Tabel 3.10 Statistik Bangunan Stone Collector	44
Tabel 3.11 Statistik Bangunan Town Hall	44
Tabel 3.12 Statistik Bangunan Defense Archer.....	45
Tabel 3.13 Statistik Bangunan Defense Cannon.....	46
Tabel 3.14 Statistik Bangunan Defense Wizard	47
Tabel 3.15 Statistik Bangunan Defense Mortar	48
Tabel 4.1 Hasil Pengujian dengan 60 Pasukan Melee (Lengkap).....	51
Tabel 4.2 Tabel Rekap	61

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Game berjenis Real-Time Strategy dimana pemain diharuskan untuk membangun ekonomi (mengumpulkan sumberdaya dan membangun basis) dan mengembangkan kekuatan militer (melatih pasukan dan mengembangkan teknologi) untuk memenangkan permainan pemain diharuskan untuk menghancurkan basis lawan. Game RTS adalah permainan yang real-time, sulit ditebak, mempunyai ruang lingkup yang luas. Oleh karena itu, dibandingkan dengan permainan-permainan papan tradisional, permainan RTS lebih menawarkan tantangan untuk kecerdasan buatan[1].



Gambar 1.1. : Pergerakan Pasukan

Salah satu tantangannya adalah kontrol individu dan grup. Bagaimana cara yang efektif untuk mengontrol individu dari grup atau cara mensimulasikan perilaku taktis yang kompleks masih menjadi permasalahan dalam penelitian tentang kecerdasan buatan permainan. Seperti ditunjukkan pada gambar 1.1 saat dalam mode penyerangan yang ditandai dengan garis merah adalah pasukan yang sedang menyerang target atau mempunyai target sedangkan yang ditandai dengan

garis hijau adalah pasukan yang tidak mempunyai target, sehingga pemain harus menentukan sendiri target untuk mereka, jika mode pemilihan target serangan yang digunakan adalah manual atau pasukan dapat mencari sendiri target terdekat untuk diserang jika mode pemilihan target serangan yang digunakan adalah otomatis.

Dalam permainan RTS, bermain melawan pemain yang lain jauh lebih disukai dibandingkan bermain melawan bot. Salah satu alasannya adalah karena produsen game RTS belum bisa menciptakan kecerdasan buatan yang lebih menantang tanpa menghabiskan dana yang besar[1].

Penelitian ini melakukan pendekatan pada jumlah sumberdaya untuk mensimulasikan keputusan dari pasukan penyerang. Taktik ini sangat bermanfaat jika diterapkan pada mode pemilihan serangan otomatis sehingga pasukan penyerang tidak harus menghabiskan waktu untuk menyerang bangunan yang kurang menguntungkan.[2]

1.2 Rumusan Masalah

Pemilihan target serangan pada game RTS dilakukan dengan metode Distance-based, Menjadi tidak efisien karena NPC pasukan hanya menentukan target serangan berdasarkan jarak target dari NPC sehingga perolehan sumberdaya menjadi kurang maksimal.

1.3 Batasan Masalah

1. Pemilihan serangan dilakukan secara otomatis.
2. Target dan pasukan penyerang tidak mempunyai penghalang.

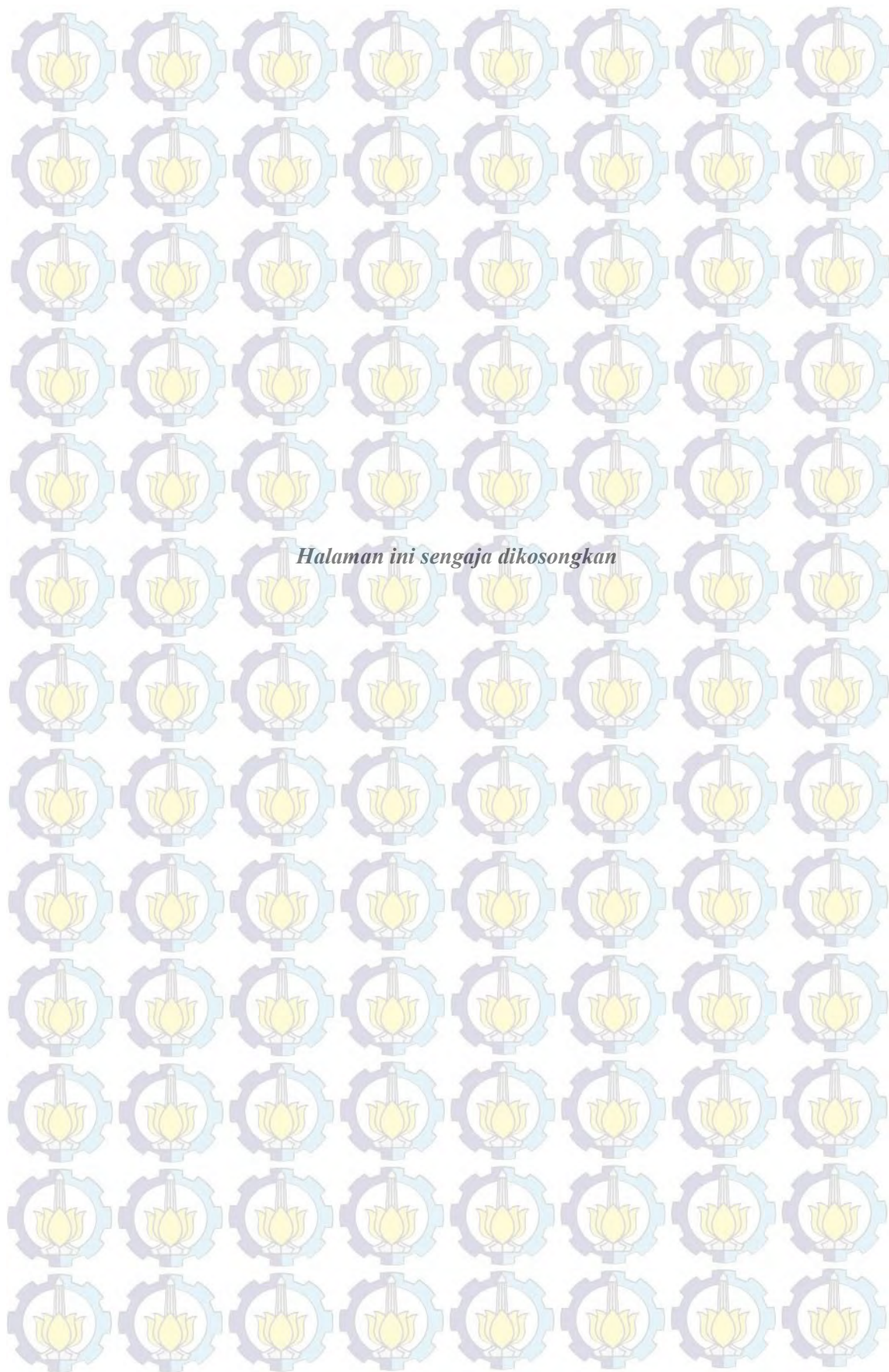
1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah dengan penerapan logika fuzzy dalam sistem pemilihan dapat membantu menentukan target serangan yang mudah dihancurkan dan menguntungkan, guna mendapatkan sumberdaya yang maksimal.



1.5 Manfaat Penelitian

Dalam sistem pemilihan biasanya NPC bisa menyerang target yang tidak terlalu menguntungkan untuk diserang, Dengan menggunakan metode fuzzy dalam pemilihan target serangan dalam game, diharapkan dapat memberikan cara baru dalam pemilihan target serangan agar Pemain game bisa mendapatkan sumberdaya yang lebih banyak.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai teori – teori terkait dalam menyelesaikan penelitian, diantaranya teori tentang Finite State Machine, *Fuzzy logic*, Decision Making dan teori penunjang lainnya yang berkaitan.

2.1 Game

Pada umumnya game dibagi menjadi beberapa jenis atau *genre*, antara lain: Adventure Game, Classic Game, fighting Game, FPS, Racing game, RPG, RTS, Sport game[], adapun penjelasan lebih lanjut dijabarkan pada sub bab berikut.

2.1.1. RPG (Role Play Games)

Pada game RPG, pemain akan memainkan karakter NPC tertentu atau beberapa karakter dalam game dan akan menjelajahi dunia game yang sangat luas []. Game RPG sangat dipengaruhi oleh alur cerita sehingga memberi kesan immersif dalam permainan. Pemilihan karakter turut mempengaruhi jalan cerita game. Dalam permainan RPG, terdapat unsur level *experience point* dan sistem *equipment*. Experience point mempengaruhi kehebatan karakter NPC. Sedangkan equipment adalah kombinasi perlengkapan yang harus dimiliki karakter. Saat ini, RPG telah berkembang menjadi MMORPG (*Massive Multiplayer Online Role Playing Games*) dimana permainan telah menjamur dan game dimainkan secara online. Game RPG sendiri Contoh game RPG adalah Ragnarog, Final Fantasi, dan Diablo.

2.1.2. Adventure Game

Merupakan jenis permainan yang memposisikan pemain untuk memainkan satu karakter , dan dalam menjalankan misi dalam gamenya pemain biasanya akan dilibatkan dalam pembicaran yang intensif dengan karakter lainnya dalam game

untuk mengikuti petunjuk menyelesaikan misi. Contoh dari adventure game diantaranya adalah Hercules, Tarzan, The longest Journey, Syberia 1, Syberia 2.

2.1.3. FPS (First Person Shooter)

Jenis game ini menempatkan pemain pada sudut pandang orang pertama pada game-nya sehingga seolah-olah pemain berada dalam game tersebut, kebanyakan game berjenis ini mengambil setting peperangan dengan penggunaan senjata militer, sedangkan third person shooter genre yang menempatkan pemain pada sudut pandang orang ketiga dalam permainan. Contoh dari game FPS adalah Counter Strike, The Elder Scroll, Call of Duty, Battlefield, Half Life.

2.1.4. Sport Game

Sports game adalah salah satu jenis game yang di buat dari olahraga yang ada di kehidupan nyata. Dari pemain, wasit, stadion sampai strategi permainan di perhatikan disini. Tokoh dari game ini biasanya benar-benar ada di dunia nyata. Tapi ada juga yang merupakan hasil kreasi pembuat game. Sistem permainan tiap game berbeda tergantung jenis olahraga dan yang membuat. Contoh dari game bergenre sport adalah : FIFA 15, PES 2015, NHL 16, UFC.

2.1.5. Fighting Game

Dalam game jenis fighting , Bertarung adalah poin dari fighting Game . Biasanya pemain di bolehkan memilih bebas karakter yang ingin di gunakan. Tujuan game ini mengalahkan musuh dengan bertarung dengan gaya masing masing karakter beserta jurusnya. Dalam game ini pemain menggunakan karakter dan melawan karakter lainnya . biasanya pertarungan 1 vs 1 di tempat yang sempit. Contoh dari game bergenre ini adalah Mortal Kombat X, Tekken 6, Street Fighter 4, King of Fighter.

2.1.6. Arcade Game

Arcade Game sepertinya adalah jenis game yang paling awal dikenalkan. permainanya yang biasanya tanpa mengenal akhir dan hanya untuk mencari nilai

tertinggi. Tidak ada setting cerita dalam game jenis ini, walaupun sekarang sudah banyak game-game ini yang di-remake meskipun sistem dan tujuannya masih sama seperti permainan aslinya. Permainan jenis ini lebih bertujuan untuk menghibur di waktu senggang. Contoh dari game ini adalah Tetris, Sokoban, Zuma.

2.1.7. Racing Game

Game jenis ini adalah game yang biasanya menempatkan pemain pada sudut pandang orang ketiga walaupun bisa diatur untuk menjadi sudut pandang orang pertama. Dari balapan mobil, motor sampai kuda juga termasuk game racing. Tujuannya adalah menjadi yang tercepat. Tema yang biasa diambil di game balapan adalah balapan jalanan dan balapan resmi. Di beberapa game pemain juga bisa meng-upgrade dan memodifikasi kendaraannya agar lebih cepat dan terlihat bagus. Contoh dari game jenis ini adalah : Need For Speed, Dirt, Burnout Paradise.

2.1.8. RTS (Real Time Strategy)

Real Time Strategy (RTS) adalah genre video game di mana pemain melakukan serangkaian tindakan untuk menghadapi satu atau lebih lawan untuk meraih kemenangan, dan tindakan yang dilakukan secara real-time. Ini berarti bahwa tindakan dalam permainan ini adalah terus-menerus, sehingga pemain harus dapat bertindak cepat dalam keadaan yang tidak pasti.

Dalam kebanyakan strategi video game, pemain diberikan kemampuan untuk melihat dunia permainan dan mengambil kendali dari semua unit permainan mereka. Permainan ini menantang kemampuan pemain untuk mengeksplorasi, mengelola ekonomi dan pengelolaan pasukan. Selain itu, perhatian pemain dibagi menjadi banyak tugas secara simultan, game RTS dianggap sulit untuk dikuasai.

Dalam game RTS lawan bisa menjadi player lain atau AI, dan penulis akan berfokus pada : mengembangkan komputer AI player, untuk pengambilan keputusan.

Hampir semua konsep permainan RTS umumnya dapat ditemukan pada game Dune 2, dirilis pada tahun 1992 oleh Westwood Studios berdasarkan

Dune universe dari seri novel fiksi ilmiah oleh Herber frank. Tentu saja, ini bukan game RTS yang pertama, tapi Dune 2 mempunyai banyak unsur-unsur utama yang sekarang membentuk game-game genre RTS.

Ada beberapa konsep gameplay yang disajikan dalam semua game RTS Di sini kita akan menjelaskan karakteristik utama dari game RTS[1].

- Visualisasi lingkungan

Permainan berlangsung di grid 2D yang disebut map. map yang belum dijelajahi pemain akan tersembunyi. setiap unit memiliki penglihatan dan zona yang sudah dieksplorasi jika berada dalam jangkauan penglihatan.



Gambar 2.1. : Fog of War

- Memperoleh Sumberdaya

Dalam permainan RTS pemain harus mencari sumber daya yang digunakan untuk membeli unit. Kita bisa mengumpulkan satu atau lebih jenis sumber daya seperti emas, makanan, batu, kayu dll.

- Membangun basis

Konsep dalam permainan RTS adalah membangun sebuah kota mini di mana setiap bangunan memiliki fungsi khusus dan / atau diperlukan untuk membuat bangunan atau untuk melatih pasukan.

- Teknologi penelitian.

Player memiliki pilihan untuk meningkatkan kemampuan unit dengan melakukan *upgrade*. melakukan *upgrade* biasanya membutuhkan waktu yang lama atau jumlah sumberdaya yang besar, tetapi memberikan akses ke peningkatan penting untuk unit atau bahkan untuk membuat jenis unit baru.

- Membuat unit.

Konsep terakhir adalah kemampuan dari memproduksi unit berbeda dari unit lain dengan karakteristik unik yang berbeda. Biasanya kita bisa memilih antara ras dan masing-masing ras memiliki berbagai jenis unit.

Pada penelitian ini game jenis RTS yang menjadi objek penelitian.

2.2. Non Playable Character (NPC)

Non Playable Character (NPC) atau *Agent* adalah beberapa karakter dalam permainan computer modern yang tidak dapat dikontrol oleh player [3]. Karakter ini mempunyai kemampuan beradaptasi bereaksi sesuai dengan kondisi kondisinya[5]. Tujuan dari pengembangan kecerdasan buatan pada NPC ini adalah membuat NPC sebisa mungkin lebih *real* atau nyata sehingga pola dan perilaku NPC dari satu waktu ke waktu bisa menstimulasikan apa yang semestinya player lakukan dalam situasi yang sama [3].

Menurut Romi satria wahono, Karakteristik NPC atau *Agent* harus memenuhi tujuh karakteristik untuk bisa disebut NPC atau *agent* [4]. Ketujuh karakteristik tersebut dijelaskan kriteria – kriteria di bawah ini :

1. Autonomi

Yang dimaksud autonomi adalah *agent* dapat melakukan tugas secara individu dan tidak dipengaruhi oleh user, *agent* lain atau lingkungan [4]. Agar *agent* bisa melakukan tugas secara mandiri diperlukan kemampuan kontrol dari *agent* untuk dirinya sendiri untuk setiap aksi baik ke dalam maupun ke luar [Wooldridge et. Al. 1995].

2. *Intelligence, Reasoning, dan Learning*

Agent harus memiliki kriteria dan spesifikasi dasar agar bisa disebut agent, yakni harus memiliki inteligensi [4]. Inteligensi *agent* mencakup tiga hal yakni internal *knowledge base*, kemampuan *reasoning* berdasar pada *knowledge base*, dan kemampuan *learning* untuk beradaptasi dengan lingkungan.

3. *Mobility dan Stationary*

Mobilitas ditunjukkan khusus untuk *agent* yang bergerak. Dan itu merupakan karakteristik tertinggi yang ia miliki [4]. Sifat lawannya adalah *stationary agent*. Baik *mobile agent* maupun *stationary agent* keduanya harus memiliki kemampuan mengirim pesan dan berkomunikasi dengan *agent* lain.

4. *Delegation*

Delegasi didefinisikan sebagai sifat *agent* yang menjalankan tugas yang diperintah oleh *user* atau *player*. Fenomena pendelegasian adalah karakteristik utama dari sebuah *agent*.

5. *Reactivity*

Kemampuan lain yang dimiliki *agent* adalah kemampuan beradaptasi dengan lingkungan baru. Lingkungan itu mencakup *agent* lain, *user*, informasi dari luar, dll. [Brenner et. Al., 1998]

6. *Proactivity dan Goal-Oriented*

Proaktif adalah sifat kelanjutan dari sifat reaktif *agent*. *Agent* tidak hanya harus bisa beradaptasi dengan lingkungan tetapi juga dituntut berinisiatif dalam mengambil langkah [Brenner et. Al., 1998]. Oleh karena itu, *agent* juga harus memiliki tujuan yang jelas dan harus berorientasi pada *goal-oriented*.

7. *Communication dan Coordination Capability*

Karakteristik terakhir dari sebuah *agent* adalah kemampuan berkomunikasi baik komunikasi antar *agent* maupun *agent* dengan *user*. Masalah komunikasi, koordinasi, dan kolaborasi antar *agent* adalah masalah sentral penelitian Multi Agent System (MAS) [4].

Belieavable NPC juga dapat berarti bahwa derajat kemiripan yang sangat tinggi terhadap karakter di *game* dengan yang ada di dunia nyata. Kemiripan tersebut dapat dilihat dari berbagai aspek, sebagai contoh : cara berjalan, cara berbicara dan texture karakter [6]

2.3. Artificial Intelligence (AI)

Mulanya upaya manusia untuk meneliti kinerja game pada computer hanya terbatas pada game-game seperti catur, checker, dan lain sebagainya, mengembangkan programming game adalah wilayah yang cukup menarik pada bagian Kecerdasan Buatan, karena kecerdasan buatan menjanjikan teknik yang baik telah banyak diterapkan pada AI game, dalam beberapa tahun terakhir penerapan AI pada game computer seperti simulasi berkembang pesat dan perkembangan ini dimanfaatkan pada pengembangan kecerdasan pada NPC dalam sebuah permainan .

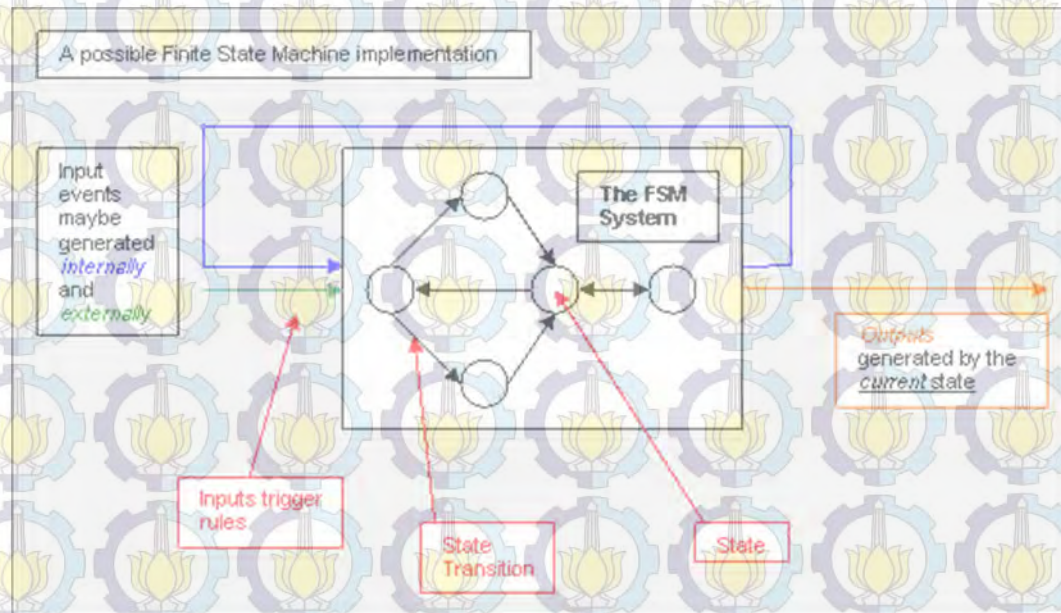
AI dalam sebuah permainan membutuhkan reaktifitas yang tinggi terhadap lingkungan, sebuah perilaku bodoh atau tidak manusiawi akan sangat mengganggu kenikmatan bermain sebuah game, sebagian besar AI yang digunakan dalam game dieksplorasi, AI dari banyak game dirancang dengan aturan-aturan berdasarkan metode-metode seperti finite state machine dan Fuzzy Logic. Keduanya tergolong sederhana daripada metode yang lain tetapi kemampuan untuk mengelola perilaku NPC sangat baik, selain itu metode tersebut sering digunakan oleh para pengembang game, salah satu alasannya adalah karena mudah untuk menguji , memodifikasi dan menyesuaikan dengan []

2.4. Finite State Machine (FSM)

Finite State Machine (FSM) adalah Metode paling populer yang digunakan dalam game. *Finite State Machine* (FSM) adalah suatu model pemecahan *behavior* objek berdasarkan statenya. Sistem kerja FSM dengan menggunakan tiga hal berikut : *State* (Keadaan), *Event* (Kejadian), *Transition* (Transisi) dan *Action* (Aksi) [11].

State adalah keadaan objek saat ini dan *transition* adalah suatu acuan

kondisi objek yang dilakukan agar bisa berpindah dari suatu *state* ke *state* yang lain. Menurut Jason Brownlee, komponen utama FSM secara sederhana ditunjukkan seperti gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.2 Contoh FSM sederhana

Dari gambar dapat dijelaskan bahwa komponen utama FSM adalah:

1. *State* mendefinisikan perilaku dan bisa menghasilkan aksi
2. Transisi *state* adalah perpindahan dari satu *state* ke *state* yang lain.
3. Kondisi atau aturan yang harus terpenuhi supaya ada transisi *state*.
4. *Event* atau kejadian yang merupakan *input* yang dipicu oleh aturan dan mengacu ke transisi *state*.

FSM digambarkan sebagai jaringan semantic yang merepresentasikan maksud dan hubungan dengan menggunakan kata. State dilambangkan dengan lingkaran. Sedangkan transition disimbolkan dengan anak panah dengan arah tertentu. Tiap lingkaran dan anak panah memiliki nama masing – masing yang menunjukkan status *state* atau transisi.



Gambar 2.3 Contoh FSM Dasar

Secara Teoritis, Finite State Machine (FSM) dapat dijelaskan seperti berikut. Pada gambar 2.3 di atas, merupakan contoh sederhana dari FSM dengan dua state. FSM di atas mempunyai lima definisi. Yakni $(Q, \Sigma, \Delta, \sigma, q_0)$ dimana

Q : didefinisikan sebagai symbol suatu state;

Σ : didefinisikan sebagai *Possible Input*;

Δ : didefinisikan sebagai *Possible Output*;

σ : didefinisikan fungsi transisi pemetaan misalkan $Q \times \Sigma$ menuju $Q \times \Delta$;

$q_0 \in Q$: didefinisikan sebagai initial state (kondisi awal).

Jika kita melihat gambar 2.3 dapat dijelaskan bahwa gambar 2.3 adalah contoh sederhana dari FSM. Diumpamakan $Q = \{\alpha, \beta\}$, $\Sigma = \{a, b\}$, $\Delta = \{\varepsilon, u, v\}$, Dimana kondisi awal diumpamakan dengan $(q_0 = \alpha)$. Dan fungsi pemetaannya adalah $\sigma : Q \times \Sigma \rightarrow Q \times \Delta$ dimana $\sigma(\alpha, b) = (\beta, v)$ menjelaskan bahwa *current state* $\alpha \in Q$ mendapatkan input $b \in \Sigma$ sehingga berpindah menuju *state* berikutnya $\beta \in Q$ dan simbol outputnya $v \in \Delta$. Fungsi pemetaan lainnya adalah $\sigma(\beta, a) = (\alpha, u)$. menjelaskan bahwa *current state* $\beta \in Q$ mendapatkan input $a \in \Sigma$ sehingga berpindah menuju *state* berikutnya $\alpha \in Q$ dan simbol outputnya $u \in \Delta$. Selain itu ada transisi diri sendiri $\sigma(\alpha, a) = (\alpha, \varepsilon)$ dan $\sigma(\beta, b) = (\beta, \varepsilon)$. Keterangan lebih lanjut dapat dijelaskan pada table di bawah ini :

Current State	α	α	β	β
Input Symbol	A	b	b	a
Next State	α	β	β	α
Output Symbol	ε	v	ε	u

Keunggulan FSM

1. Sederhana, sehingga mudah diimplementasikan bagi orang awam.
2. Dapat diprediksi, transisi *state* mudah diprediksi sehingga memudahkan untuk melakukan uji coba.
3. Komputasi Ringan,
4. Relatif Fleksible sehingga mudah untuk digabungkan dengan teknik yang lain.

5. Merupakan metode AI lama yang bisadigunakan pada berbagai sistem dan telah teruji sebagai teknik pengembangan AI.

6. Mudah ditransfer dari konsep abstrak menjadi kode program komputasi.

Kekurangan FSM

1. Karena FSM mudah diprediksi, maka implementasi pada game kurang disukai.

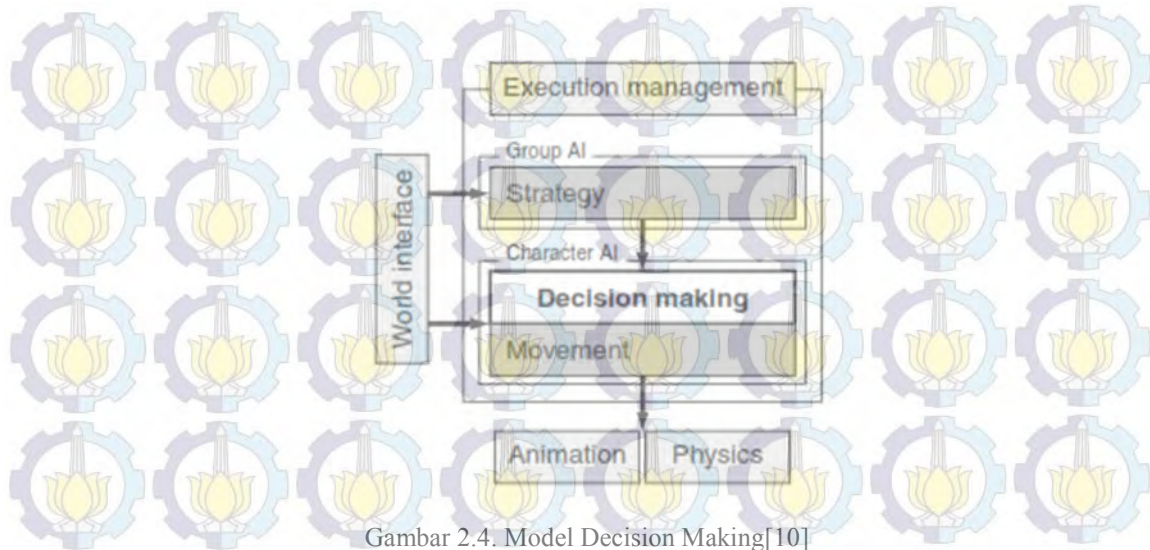
2. Pada sistem yang lebih besar, Implementasi FSM menjadi lebih sulit karena system menjadi lebih kompleks. Transisi *state* yang banyak menyebabkan factor kerumitan jika mengikuti alurnya.

3. Sebaiknya hanya dipergunakan pada sistem dimana sifat sistem bisa didekomposisi menjadi state terpisah dengan definisi kondisi yang jelas untuk transisi state. Dalam artian, semua state, transisi dan kondisi harus diketahui sebelumnya dan terdefinisikan dengan baik.

4. Kondisi untuk setiap transisi *state* adalah tetap.

2.5. Decision Making

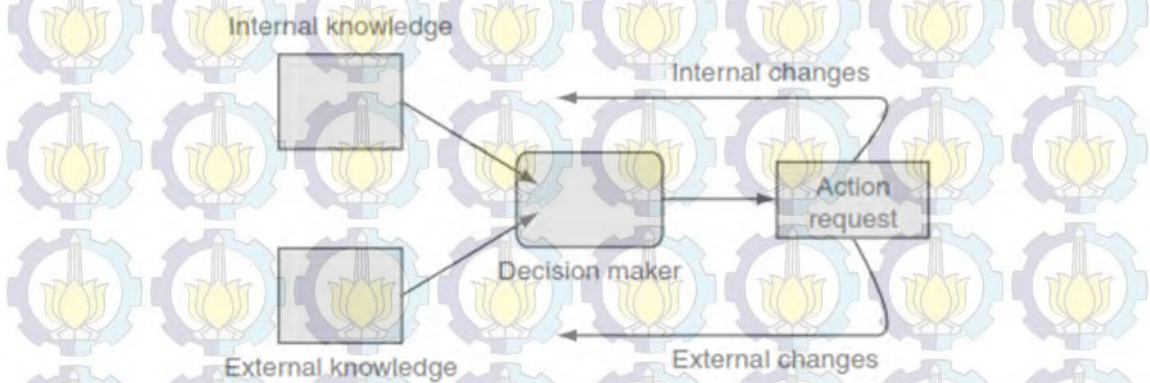
Para *Developer* game terus berpikir mengenai *Artificial Intelligent* permainan dan mendesain *decision making* dari masing – masing karakter. *Decision making* merupakan bagian kecil agar permainan semakin *immersive* dan menarik. Metode yang sering dipakai untuk *Decision Making* adalah *state machine* dan *decision tree*. Namun dalam dekade terakhir ini kecendrungan itu bergeser ke metode fuzzy logic dan neural network.[10]



Gambar 2.4. Model Decision Making[10]

Decision making adalah kajian mengidentifikasi dan pemilihan alternatif berdasarkan nilai dan prefensi (pilihan) dari pengambil keputusan.(Fulop).

Decision making dapat juga diartikan sebagai proses pengurangan ketidakpastian dan keraguan dari alternatif untuk menghargai pilihan rasional yang harus diambil. (Harris, 1998). *Decision making* seharusnya diawali dengan identifikasi dari decision makers dan stakeholder di dalam keputusan, mengurangi kemungkinan pertentangan pendapat tentang persoalan definisi, syarat, goal, dan kriteria.



Gambar 2.5. Informasi dalam pembuatan keputusan

2.6. Fuzzy Logic

Sistem *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Barkelay pada tahun 1965. Zadeh adalah profesor imigran dari Iran dari teknik elektro UC Berkeley, departemen ilmu komputer. Sebelum Zadeh, seorang pria bernama Max Black menerbitkan sebuah makalah pada tahun 1937 yang berjudul

“ketidakjelasan: Latihan *Logical Analysis*” . Pada tahun 1980, Jepang memiliki lebih dari 100 perangkat logika *fuzzy*.

Logika *Fuzzy* merupakan salah satu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output. Logika *fuzzy* adalah suatu jenis logik yang bernilai ganda dan berhubungan dengan ketidakpastian dan kebenaran parsial. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika *fuzzy* (*fuzzy logic*) adalah salah satu pemecahannya. Sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy* membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya. Secara umum, sistem *fuzzy* sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Dalam logika *fuzzy* terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan *fuzzy*, penerapan aturan *IF-THEN* dan proses inferensi *fuzzy*^[5].

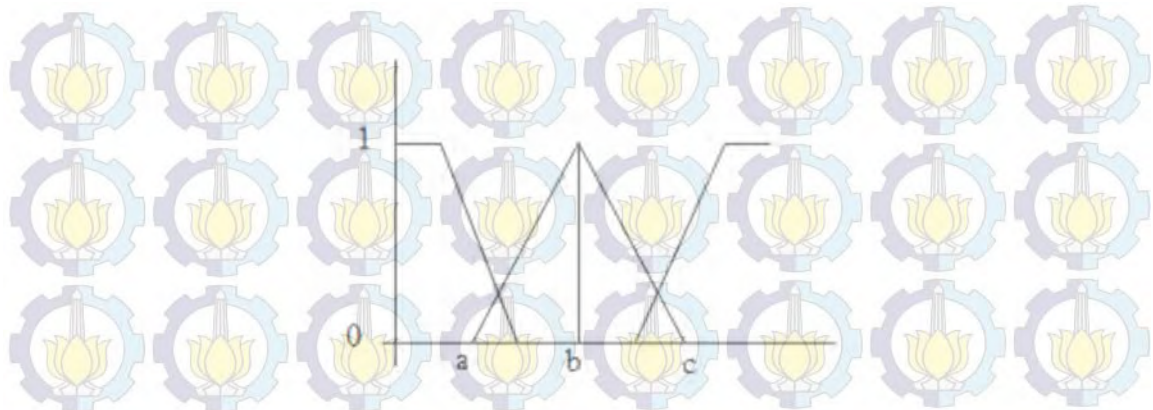
Fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy* dinyatakan dengan derajat keanggotaan suatu nilai terhadap nilai tegasnya yang berkisar antara 0,0 sampai dengan 1,0[7]. Fungsi keanggotaan dinyatakan dengan:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* ditentukan dengan fungsi segitiga (*Triangle*), trapesium (*Trapezoidal*) atau fungsi Gauss (*Gaussian*). Persamaan fungsi keanggotaan segitiga adalah:

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2.1)$$

Persamaan tersebut dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar berikut:

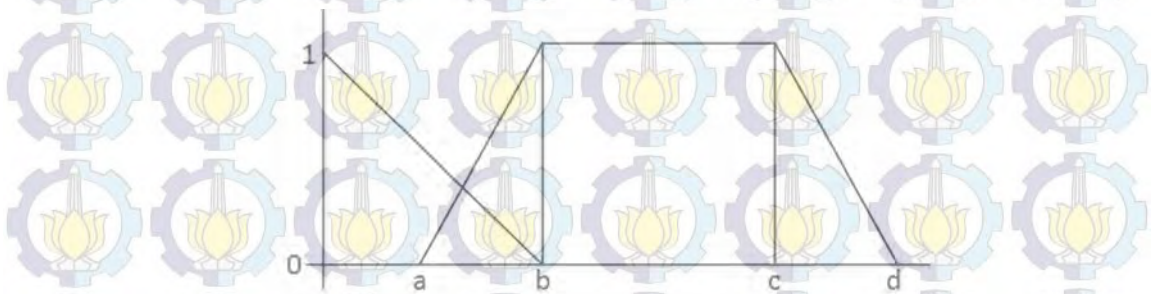


Gambar 2.6 Fungsi keanggotaan segitiga

Persamaan fungsi keanggotaan Trapesium adalah:

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, a < x < b \\ 1, b <= x <= c \\ \frac{d-x}{d-c}, c < x < d \\ 0, x < a \text{ or } x > d \end{cases} \quad (2.2)$$

Persamaan tersebut dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar berikut:



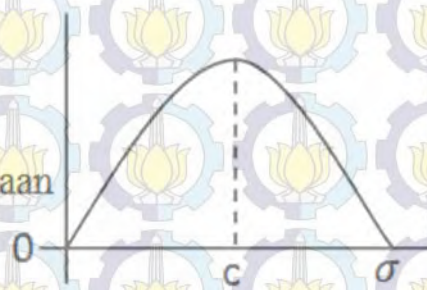
Gambar 2.7 Fungsi keanggotaan trapesium

Persamaan fungsi keanggotaan Gaussian adalah:

$$\mu_A(X, c, \sigma) = \frac{1}{1 + \left(\frac{X-c}{\sigma}\right)^2} \quad (2.3)$$

Persamaan tersebut dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar berikut:

Fungsi
Keanggotaan

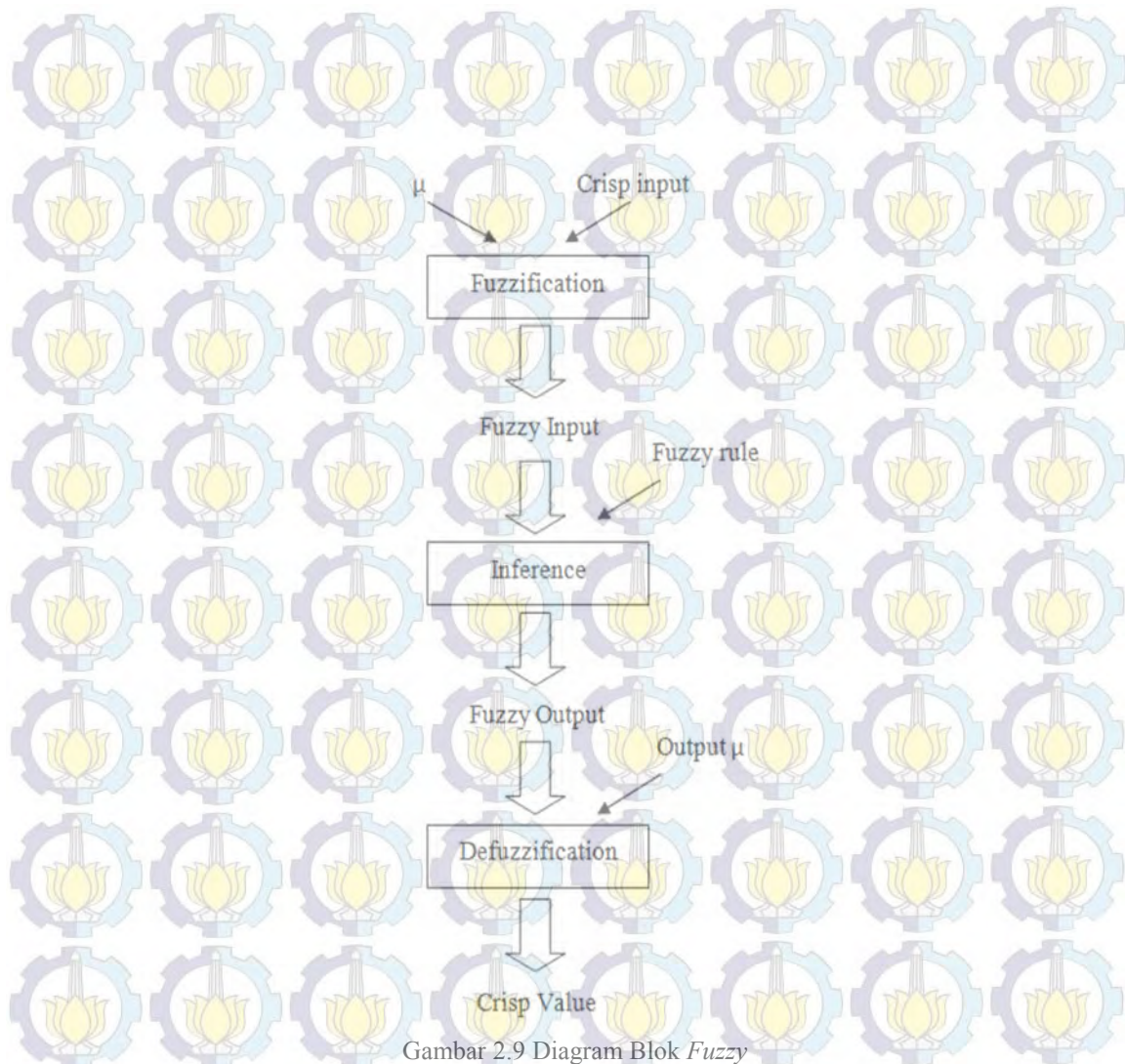


Gambar 2.8 Fungsi keanggotaan Gaussian

Sistem fuzzy terdiri dari 3 komponen utama, yaitu: *fuzzification*, *inference* dan *defuzzification*^[4]. *Fuzzification* mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam bentuk *fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. *Inference* melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Sedangkan *defuzzification* mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan yaitu 0 dan 1, maka pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Hal-hal yang terdapat pada sistem *fuzzy* :

1. *Variabel Fuzzy*, merupakan variabel yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti umur, temperatur, dsb.
2. Himpunan *Fuzzy*, merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta Pembicaraan, adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*.
4. *Domain*, adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.



Gambar 2.9 Diagram Blok Fuzzy

Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika *fuzzy* yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. *Output* hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan α -predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya^[6]. Saat proses evaluasi aturan dalam mesin inferensi, metode *fuzzy* Tsukamoto menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Masing-masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$). Proses defuzzifikasi pada metode Tsukamoto menggunakan metode rata-rata (*Average*) dengan rumus berikut:

$$z = \alpha_1 \cdot z_1 \quad \alpha_1 \quad (2.4)$$

Pada metode *fuzzy* Mamdani aturan *fuzzy* didefinisikan sebagai:

$$I. x_1 \text{ is } A_1 A_2 \dots A_n T \quad y \text{ is } B \quad (2.5)$$

Dimana A_1, \dots, A_n , dan B adalah nilai-nilai linguistik (*fuzzy set*) dan " x_1 is A_1 " menyatakan bahwa nilai variabel x_1 adalah anggota *fuzzy set* A_1 .

Pada metode Mamdani baik variabel input maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* Mamdani sering dikenal dengan nama *Metode Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Mamdani menggunakan fungsi implikasi *MIN* dan komposisi antar-rule menggunakan fungsi *MAX* untuk menghasilkan himpunan *fuzzy* baru. Dalam proses inference digunakan dua cara yaitu *clipping (alpha-cut)* dan *scaling*^[4]. Metode yang paling umum digunakan adalah *clipping* karena lebih mudah diimplementasikan dan bila diagregasikan dengan fungsi lain akan menghasilkan bentuk yang mudah didefuzzifikasikan. Sebelum proses defuzzifikasi dilakukan proses composition, yaitu agregasi hasil *clipping* dari semua aturan *fuzzy* sehingga kita dapatkan satu *fuzzy set* tunggal. Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* yaitu : *Max*, *Additive* dan *Probabilistik OR*

a. Metode *Max (Maximum)*

Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikan ke output dengan menggunakan operator *OR(union)*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max (\mu_{sf}[x_i] , \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.6)$$

dengan: $\mu_{sf}[x_i]$ =nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i dan $\mu_{kf}[x_i]$ =nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

b. Metode *Additive (Sum)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) \quad (2.7)$$

dengan: $\mu_{sf}[xi]$ =nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i dan $\mu_{kf}[xi]$ =nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

c. Metode *Probabilistik OR*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi]) \quad (2.8)$$

dengan: $\mu_{sf}[xi]$ =nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i dan $\mu_{kf}[xi]$ =nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

Input dari proses Defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Ada beberapa metoda yang dipakai dalam defuzzifikasi:

- Metode *Centroid*. Pada metode ini penetapan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.
- Metode *Bisektor*. Pada metode ini , solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada *domain fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan seperti dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.
- Metode *Means of Maximum (MOM)*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
- Metode *Largest of Maximum (LOM)*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
- Metode *Smallest of Maksimum (SOM)*. Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Sedangkan untuk *fuzzy* Sugeno, metode perhitungannya mirip dengan metode Mamdani, hanya *output* (konsekuen) tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan yang lebih sederhana. Fungsi keanggotaan tersebut adalah *Singleton*, yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* tunggal dan 0 pada semua nilai *crisp* yang lain^[4].

Ada dua model metode Sugeno yaitu model fuzzy sugeno orde nol dan model fuzzy sugeno orde satu. Bentuk umum model fuzzy sugeno orde nol adalah :

$$\text{IF } (x1 \text{ is } A1) \text{ o } (x2 \text{ is } A2) \text{ o } \dots \text{ o } (xn \text{ is } An) \text{ THEN } z = k \quad (2.9)$$

Bentuk umum model fuzzy Sugeno orde satu adalah :

$$\text{IF } (x1 \text{ is } A1) \text{ o } (x2 \text{ is } A2) \text{ o } \dots \text{ o } (xn \text{ is } An) \text{ THEN } z = p1.x1 + \dots pn.xn + q \quad (2.10)$$

Defuzzifikasi pada metode Sugeno dilakukan dengan mencari nilai rata-ratanya.

2.7. Pemilihan Target Pada game RTS

Pengembangan kecerdasan buatan pada game RTS sangat berguna terutama pada pemilihan target NPC, pada game RTS seperti Clash of Clans masing-masing NPC mempunyai perilaku berbeda, pemilihan target pada masing-masing NPC juga berbeda. Koordinasi pasukan dalam penyerangan berkelompok tidak benar-benar menunjukkan kerja sama antar agen otonom, mereka hanya muncul bersama-sama dengan menjalankan tugas masing-masing tanpa mengganggu atau menyerang teman atau pasangannya, bagaimanapun kerja sama pasukan tidak harus dibuat agar pasukan tersebut lebih sering untuk menang[9]

2.7.1. Melee Troop

Adalah salah satu jenis pasukan pada game RTS, hampir game RTS mempunyai beragam jenis NPC [7] atau pasukan ada yang menyerang dengan jarak dekat, seperti swordman pada game Age of Empire, Knight pada game Stronghold, barbarian pada game Clash of Clans, kebanyakan jenis pasukan ini dilengkapi dengan atribut yang menunjang perilakunya yang hanya bisa bertarung

pada jarak yang rapat dan rentan terhadap serangan dari musuh. Sehingga kebanyakan pasukan berjenis ini mempunyai nilai hitpoint yang tinggi untuk dapat bertahan lama pada waktu kombat dan damage yang sedang.

Pasukan jenis melee tidak efektif jika dipakai dalam jumlah yang sedikit tapi akan sangat merepotkan musuh jika pemain dapat memakai NPC ini dengan jumlah banyak.

Dalam game RTS kebanyakan Pasukan jenis melee tidak mempunyai kemampuan untuk menentukan target sesuai dengan keinginan pemain, pada RTS yang single player seperti stronghold dan age of empire NPC akan menyerang target ditentukan secara manual oleh pemain, NPC masih akan mencari target yang lain jika target awal sudah tidak ada dan target berikutnya berjarak dekat dengan NPC akan berhenti mencari musuh atau diam ditempat jika target berikutnya berjarak agak jauh dari posisi NPC dan untuk permainan online seperti clash of clans pasukan jenis hanya menyerang bangunan terdekat untuk dijadikan target.

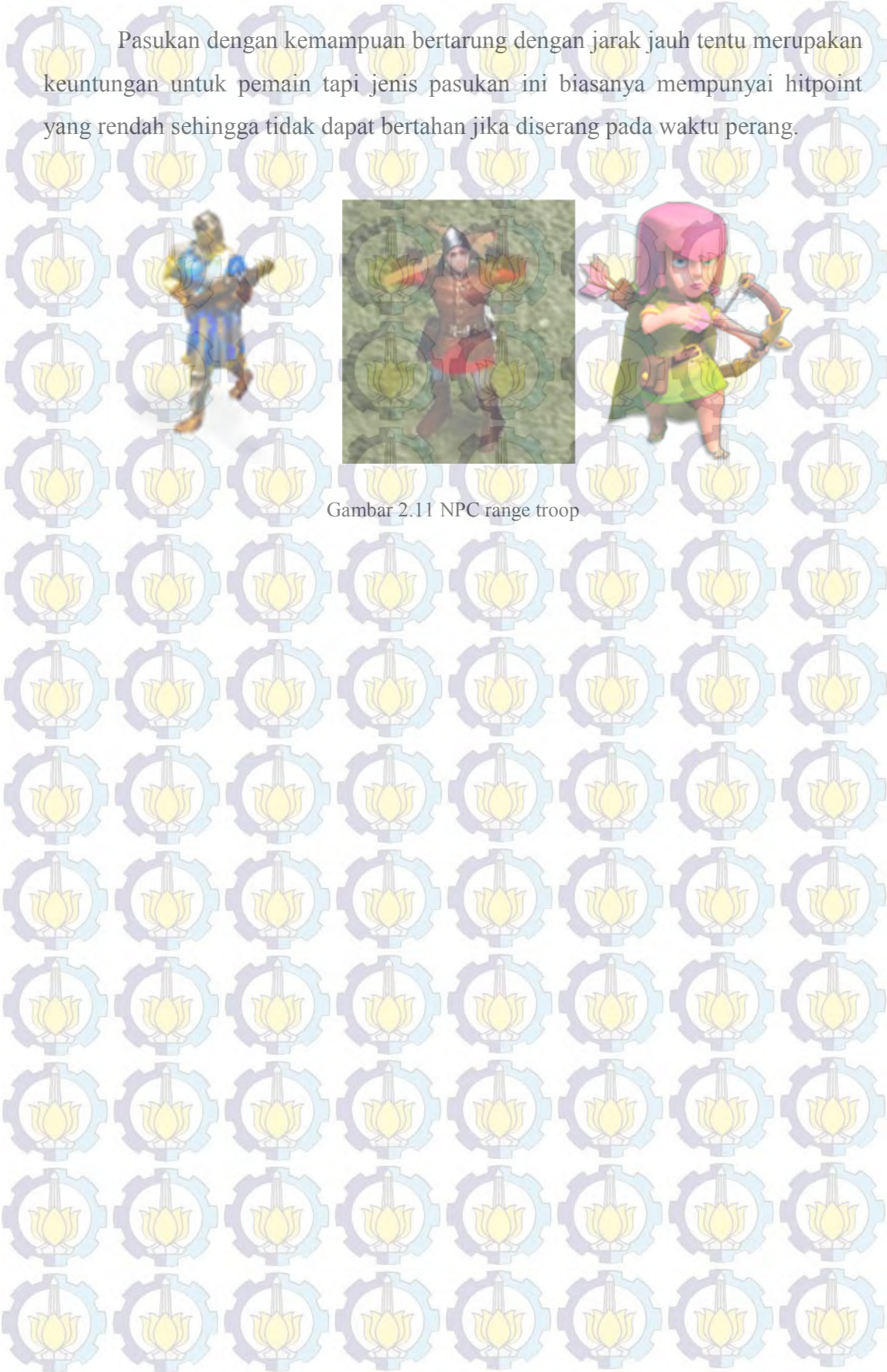


Gambar 2.10 NPC melee troop

2.7.2. Range Troop

Berbeda dengan melee troop range troop adalah NPC yang dapat melakukan serangan dari jarak jauh, contoh range troop adalah seperti hand canonner di age of empire, crossbowman di stronghold atau archer di clash of clans.

Pasukan dengan kemampuan bertarung dengan jarak jauh tentu merupakan keuntungan untuk pemain tapi jenis pasukan ini biasanya mempunyai hitpoint yang rendah sehingga tidak dapat bertahan jika diserang pada waktu perang.



Gambar 2.11 NPC range troop

BAB 3 METODE DAN DESAIN

3.1. Metode Pemilihan Target

NPC dapat memproses seperangkat informasi yang digunakan untuk menghasilkan suatu tindakan yang ingin dilaksanakan. Input ke sistem pengambilan keputusan adalah informasi yang NPC bisa miliki, dan output adalah tindakan dari NPC. metode pada penelitian ini dapat digambarkan dalam alur diagram secara umum seperti berikut.



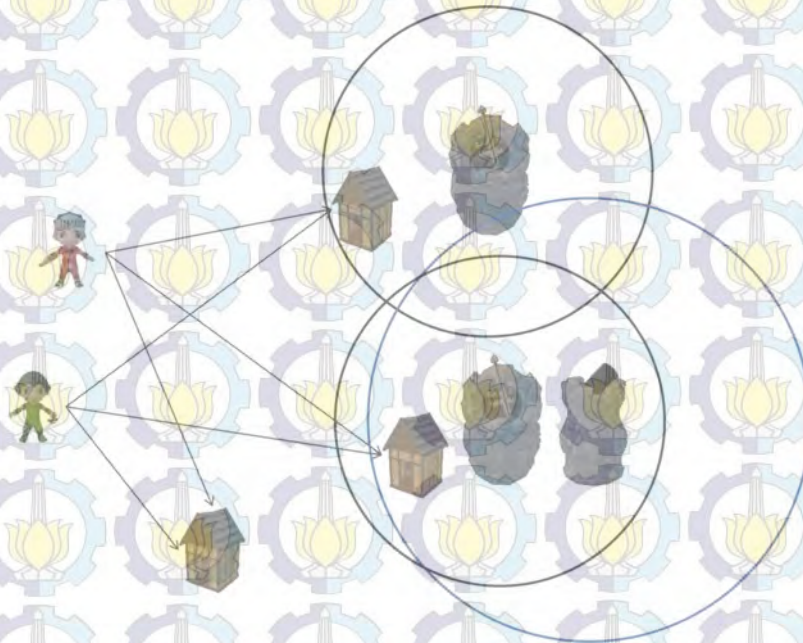
Gambar 3.1. : Metodologi Penelitian

Secara umum diagram alur penelitian diatas dapat diuraikan seperti berikut :

3.1.1. Skenario Pemilihan Target

Pada penelitian ini dibuat sebuah skenario game perang yang melibatkan pasukan melee dan range serta bangunan resources dan bangunan Defense musuh sebagai target. Tim penyerang adalah pasukan swordsman yang merupakan pasukan melee dan archerian sebagai pasukan range, bangunan defense musuh berupa Archer tower, cannon, mortar dan Wizard tower, masing-masing dengan kemampuan defense yang berbeda. Pasukan penyerang dirancang agar dapat

memilih target dengan bantuan informasi dari target yang ada dalam radius serangnya, pemilihan target serangan bergantung pada informasi target seperti life-point target, jumlah resources target dan jenis building defense yang melindungi resource musuh serta jarak. Sedangkan pada informasi pasukan sendiri total damage menjadi informasi yang diperlukan dalam mengambil keputusan.

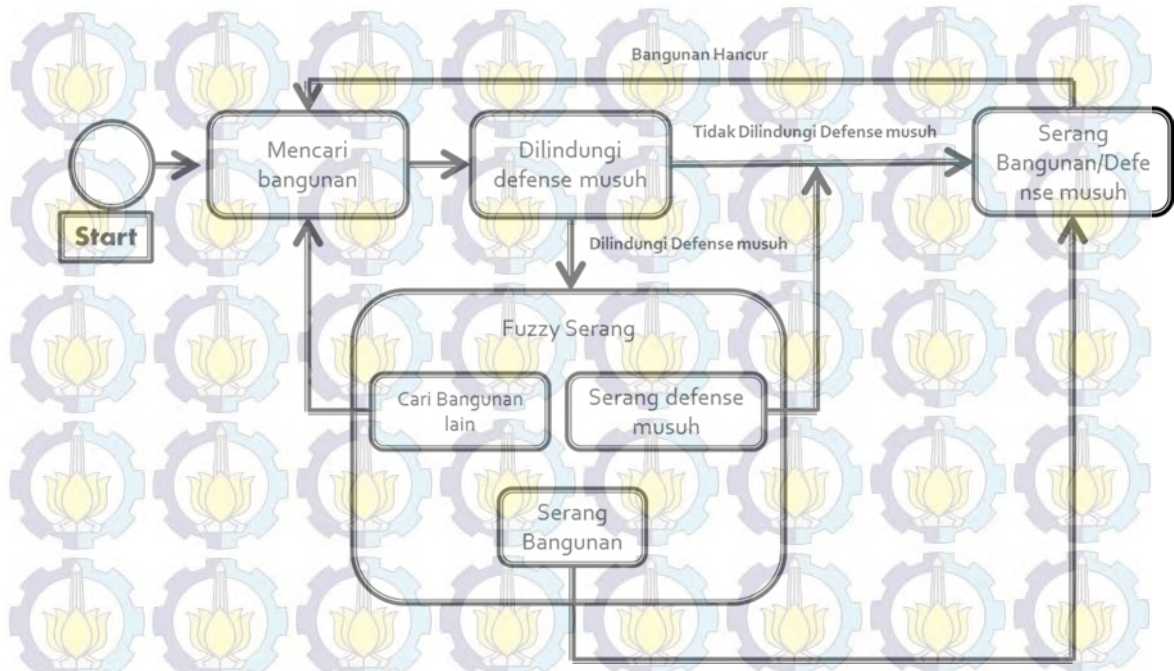


Gambar 3.2 Skenario pemilihan Target

3.1.2. Finite State Machine Pemilihan Target

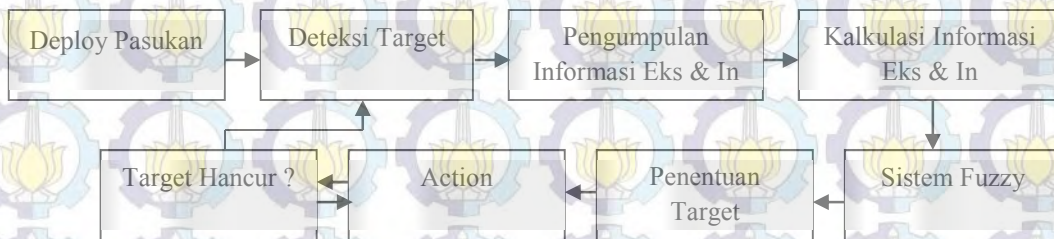
Finite State Machine dibuat berdasarkan strategi pemilihan target, untuk menentukan target terbaik dalam jarak serang dari NPC (Pasukan Penyerang).

Langkah pertama adalah mencari target yang berada pada range serang, mengetahui apakah target dilindungi oleh defense musuh atau tidak, mencari informasi dari target, seperti jarak, life-point target, jumlah resources dari target, dan jenis defense yang melindungi target.



Gambar 3.3 FSM Pemilihan Target

Dalam penelitian ini rule based dari penentuan target serangan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4. : Alur Penentuan Target

Pengambilan Keputusan berdasarkan informasi dari sasaran seperti jarak, jumlah sumberdaya sasaran, dan jumlah tower yang melindungi sasaran.

a. State Mencari Bangunan

Pada state ini digunakan untuk mendeteksi semua musuh yang berada di dalam map, mengetahui jumlah resources yang ditampung oleh masing-masing bangunan, jarak masing-masing bangunan dari NPC, banyaknya Tower Defense yang melindungi masing-masing bangunan. Dalam permainan ini setiap faksi/ras memiliki tempat/bangunan untuk menaruh sumberdaya mereka, NPC yang dalam hal ini berupa Pasukan/Penyerang

harus memiliki set informasi yang digunakan untuk menghasilkan suatu tindakan, masukan/informasi ke sistem pengambilan keputusan adalah Informasi dan dibagi dengan 2 jenis.

1. Informasi Eksternal

Adalah informasi yang didapatkan dari luar lingkungan pengambil keputusan.

- Jarak
- Jumlah Sumberdaya target
- Jumlah Tower sekitar Target.

2. Informasi Internal

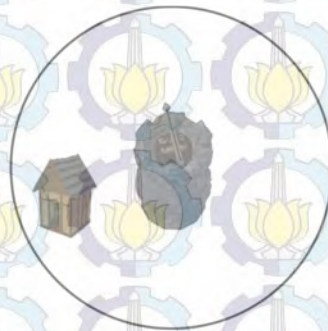
Adalah informasi yang ada pada Pasukan/Penyerang.

- Kecepatan gerakan pasukan
- Range Serang

Semua input akan diproses sebagai input fuzzy.

b. State Dilindungi Defense Musuh

Pada state ini digunakan untuk mendeteksi banyaknya musuh yang melindungi satu bangunan.



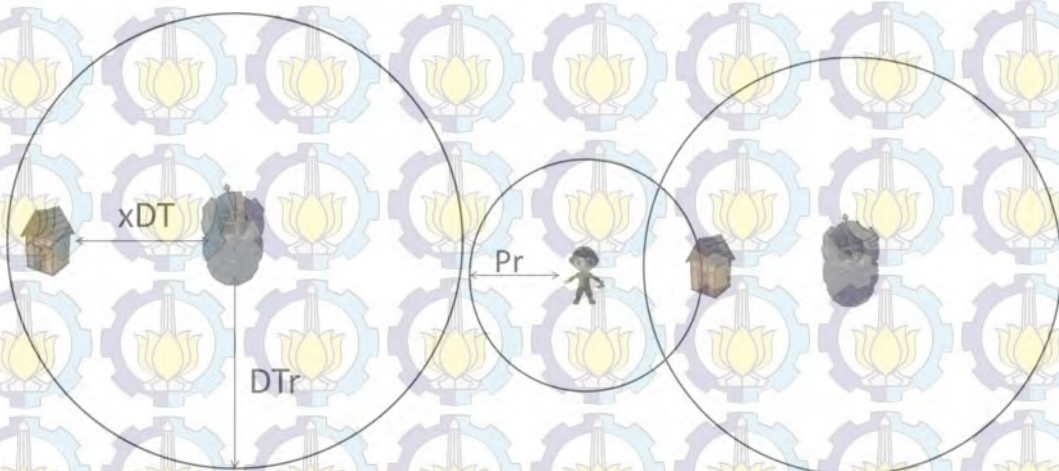
Gambar 3.5 bangunan yang masuk dalam range serang Tower Defense

Terdapat 2 jenis pasukan berdasarkan jangkauan serangan, yaitu pasukan melee yang hanya menyerang dalam jarak dekat dan range yang merupakan pasukan yang bisa menyerang dari jarak jauh.

Dalam game ada 1 jenis pasukan untuk melee yaitu swordman dan 2 jenis pasukan untuk range yaitu archer dan wizzard. Keuntungan dari

pasukan yang mempunyai jarak serang yang lebar(range), adalah dapat memungkinkan menyerang bangunan target tanpa harus menerima serangan dari bangunan defense yang melindungi bangunan target yang diserang, sedangkan kelemahannya adalah mempunyai hitpoint yang rendah sehingga mudah mati jika terkena serangan, berbeda dengan pasukan melee yang tidak mempunyai jarak serang jika melakukan serangan, tapi mempunyai hitpoint yang tinggi sehingga dapat bertahan cukup lama jika diserang oleh bangunan defense lawan.

Sebuah bangunan dapat dikatakan dilindungi oleh defense musuh jika bangunan tersebut masuk dalam range serang dari satu atau lebih bangunan defense disekitarnya. Sebuah bangunan bisa terlindungi oleh pasukan melee saja atau juga terlindungi dari pasukan melee dan range sekaligus.



Gambar 3.6 Range bangunan defense

Sebagai contoh :

$Mr = 0$ = jarak serang dari pasukan Melee

$Pr = 4$ = jarak serang dari Pasukan Panah

$DTr = 11$ = jarak serang dari bangunan defense

xDT = jarak antara Defense Tower dan bangunan target

Jika $(DTr - xDT) > Mr$ atau $(DTr - xDT) > Pr$ maka Target dilindungi oleh defense musuh.

Ada 4 jenis bangunan defense yaitu Archer, Cannon, Wizzard Tower dan Mortar. Masing-masing mempunyai nilai/tingkat berbahaya.

Tabel 3.1 Tingkat Bahaya Defense Building

	Archer	Cannon	Wizzard	Mortar
Nilai bahaya	1.5	1.5	4	5
Range	10	9	7	11
Hitpoints	380	420	620	400
DPS	11	9	11	4

Jika terdapat lebih dari satu bangunan defense yang melindungi bangunan target maka nilai dari masing bangunan defense akan dikalikan.

Sehinga jika sebuah bangunan masuk dalam range serang bangunan defense cannon dan mortar maka nilai/tingkat bahaya dari bangunan target tersebut adalah $1.5 \times 5 = 7.5$, nilai/tingkat bahaya adalah salah satu dari input fuzzy.

3.1.3. Desain logika Fuzzy

Semua informasi akan dihitung untuk menentukan 3 nilai yang akan dijadikan sebagai input fuzzy untuk menghasilkan keputusan. Berikut adalah kalkulasi dari informasi yang dikumpulkan untuk menentukan input Fuzzy.

$$R_j = (\text{Emas} \times 3) + (\text{Food} \times 2) + (\text{Stone} \times 1)$$

$$D_j = (\text{jumlah AT} \times 1.5) + (\text{jumlah C} \times 1.5) + (\text{jumlah W} \times 4) + (\text{jumlah M} \times 5)$$

$$J = \text{Posisi NPC} - \text{Posisi Target}$$

Ket :

R_j = Sumberdaya dari target

D_j = Nilai/Tingkat berbahaya dari Target

J = jarak antara NPC dan Target

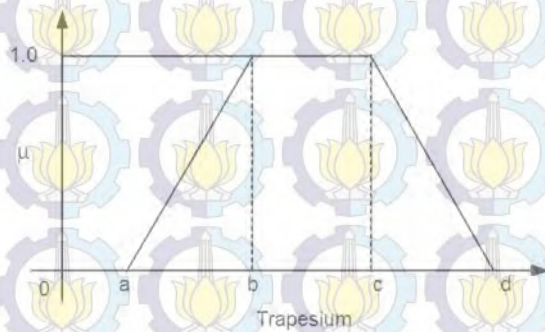
Tabel 3.1. Himpunan fuzzy

Fungsi	Variabel	Nama Himpunan	Domain
Input	Sumberdaya dari target (R_j)*	Banyak	20000 - Max
		Sedang	6000 - 30000

Nilai/Tingkat bahaya dari target (Dj)	Sedikit	0 - 10000
	Rendah	1 - 4
	Menengah	3 - 7
	Tinggi	≥ 6
	Dekat	0 - 20
	Menengah	15 - 35
Jarak antara NPC dan Target (J)	Jauh	≥ 30

*Low adalah prioritas

Dalam desain fuzzy ini fungsi keanggotaan yang digunakan dengan bentuk trapesium



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan : Trapezium

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \leq a \text{ atau } x \geq d, \\ &= (x-a)/(b-a); a < x \leq b, \\ &= 1; b < x \leq c \\ &= (d-x)/(d-c); c < x < d\end{aligned}$$

a.



Gambar 3.8 Derajat keanggotaan parameter Sumberdaya

Parameter sumberdaya didapat dari jumlah sumberdaya dari satu bangunan rentang dalam parameter ini adalah dari 0 – 5000 yang dibagi dalam 3 kategori, yaitu low, normal, dan high. Derajat keanggotaan parameter Sumberdaya yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori low :

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \geq 10000, \\ &= (x-5000)/(10000-5000); 5000 < x \leq 10000, \\ &= 1; x \leq 5000\end{aligned}$$

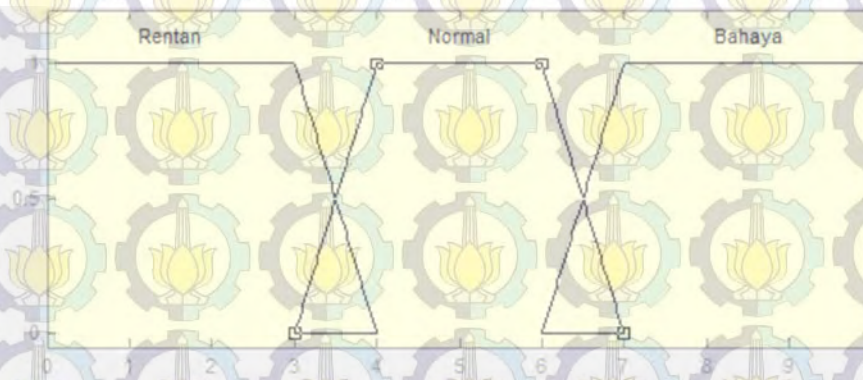
Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori normal:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; 5000 \leq a \text{ atau } x \geq 30000, \\ &= (x-5000)/(10000-5000); 5000 < x \leq 10000, \\ &= 1; 10000 < x \leq 20000 \\ &= (30000-x)/(30000-20000); 20000 < x < 30000\end{aligned}$$

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori high:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; a \leq 20000, \\ &= 1; x \geq 30000 \\ &= (x-20000)/(30000-20000); 20000 < x < 30000\end{aligned}$$

b.



Gambar 3.9 Derajat keanggotaan parameter Nilai Defense

Parameter Nilai Defense didapat dari jumlah bangunan defense yang melindungi target bangunan yang akan diserang, rentang dalam parameter ini adalah 0 – 10 yang dibagi dalam 3 kategori, yaitu low, normal, dan high.

Derajat keanggotaan parameter Nilai Defense yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.9.

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori low :

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \geq 4, \\ &= (x-3)/(4-3); 3 < x \leq 4, \\ &= 1; x \leq 3\end{aligned}$$

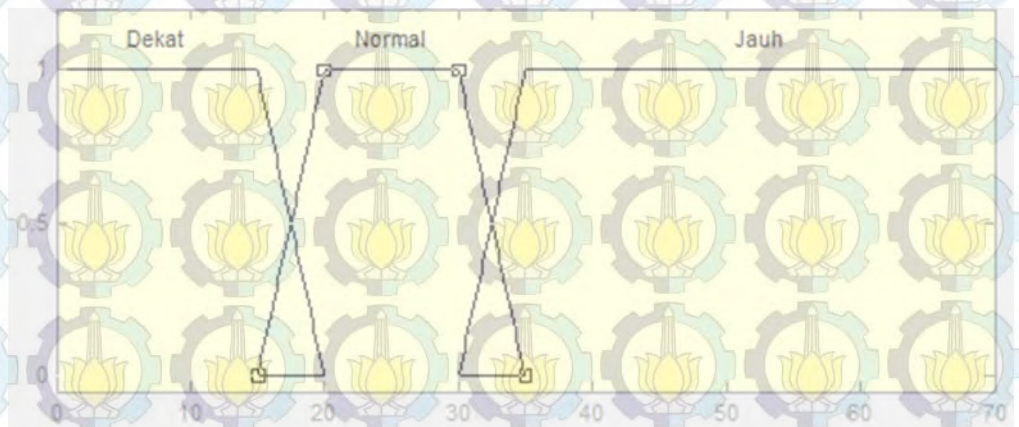
Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori normal:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \leq 3, \text{ atau } x \geq 7 \\ &= (x-3)/(4-3); 3 < x \leq 4, \\ &= 1; 4 < x \leq 6 \\ &= (7-x)/(7-6); 6 < x < 7\end{aligned}$$

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori high:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \leq 6, \\ &= 1; x \geq 7 \\ &= (x-6)/(7-6); 6 < x < 7\end{aligned}$$

c.



Gambar 3.10 Derajat Keanggotaan parameter Jarak

Parameter jarak didapat dari jarak pasukan/NPC saat di-deploy pertama kali atau saat pasukan/NPC berhasil menghancurkan bangunan targetnya, rentang untuk parameter ini dibatasi dengan luas lingkungan dalam permainan ini yaitu 0 – 50 yang dibagi dalam 3 kategori yaitu, low,

normal, dan high. Derajat keanggotaan parameter jarak yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.10.

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori low :

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \geq 20, \\ &= (x-15)/(20-15); 15 < x \leq 20, \\ &= 1; x \leq 10\end{aligned}$$

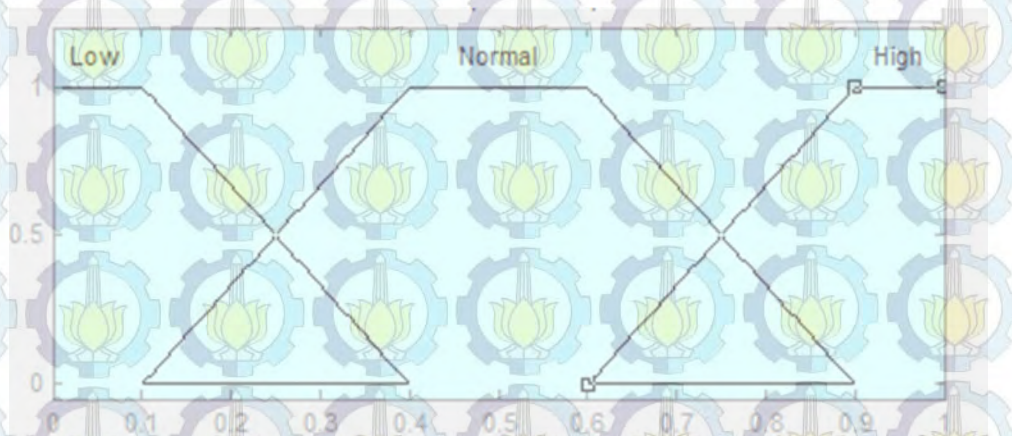
Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori normal:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \leq 15, \text{ atau } x \geq 35 \\ &= (x-15)/(20-15); 15 < x \leq 20, \\ &= 1; 20 < x \leq 30 \\ &= (35-x)/(35-30); 30 < x < 35\end{aligned}$$

Berikut rumus fungsi keanggotaan pada kategori high:

$$\begin{aligned}\mu(x) &= 0; x \leq 30, \\ &= 1; x \geq 35 \\ &= (x-30)/(35-30); 30 < x < 35\end{aligned}$$

d.



Gambar 3.11 Derajat keanggotaan output

Dari 3 buah parameter input dan 1 buah parameter output diatas dibentuk 27 rule yang digunakan sebagai basis pengetahuan fuzzy. Pada dasarnya penentuan dari “output” atau antesenden dalam *fuzzy rule* ini adalah untuk menentukan tingkat rekomendasi serang sebuah bangunan. Sehingga dalam

menentukan output untuk *fuzzy rule* ini dilakukan berdasarkan pengamatan. Dari pengamatan tersebut dapat mengetahui pengaruh dari masing-masing input fuzzy, variabel “Jumlah Sumberdaya” merupakan input yang berpengaruh besar pada penyusunan *fuzzy rules* ini, variabel “Tingkat Bahaya” dari target dan variabel “Jarak” antara NPC dan target adalah 2 input berikutnya yang dapat mempengaruhi output dari *fuzzy rules*.

Berikut adalah pengaruh dari input “Jumlah Sumberdaya” dalam penentuan output dari *fuzzy rules*, Target yang mempunyai sumberdaya yang banyak dapat dijadikan target utama (Tingkat Rekomendasi Serang = Tinggi) jika jumlah bangunan defense yang melindunginya sedikit (Tingkat bahaya = rendah), dan berjarak dekat dengan posisi dari NPC, maka tindakan yang dilakukan NPC adalah menyerang target.

Target dengan input sumberdaya yang banyak bisa diberikan “Tingkat Rekomendasi Serang” Normal atau Rendah jika mempunyai jumlah bangunan defense yang melindunginya sedang (Tingkat Bahaya = Menengah) dan jarak antara NPC dan target yang jauh, maka tindakan yang dilakukan NPC adalah menyerang lebih dahulu bangunan defense yang melindungi target, menyerang bangunan defense lebih dahulu dapat membantu pasukan untuk menyerang bangunan selanjutnya yang mempunyai sumberdaya, sedangkan jika menyerang bangunan sumberdaya lebih dahulu bisa berakibat buruk pada pasukan karena bisa berkurang atau malah habis sebelum berhasil mendapatkan seluruh sumberdaya dari target.

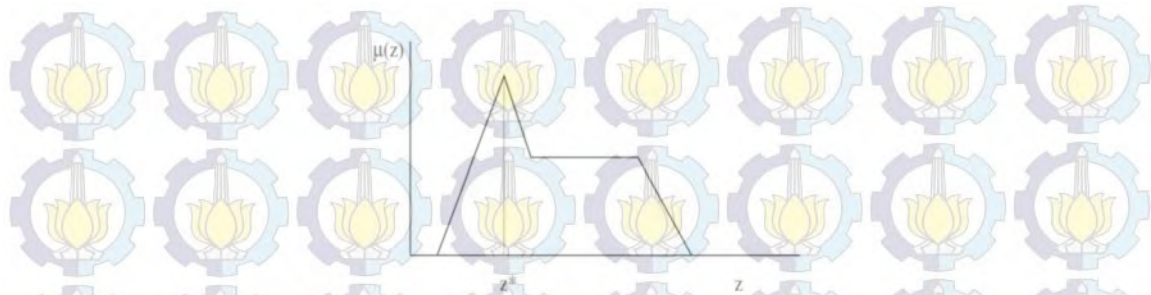
Target dengan input “Sumberdaya” yang sedikit bisa diberikan “Tingkat Rekomendasi Serang” Tinggi atau Rendah dipengaruhi oleh banyaknya bangunan defense yang melindungi target dan jarak antara NPC dan target, jika input Tingkat Bahaya sama dengan tinggi maka Rekomendasi Serangnya adalah Rendah. Jika “Tingkat Rekomendasi Serang” target adalah Rendah maka NPC atau Pasukan akan menyerang bangunan yang mempunyai sumberdaya. Sedangkan jika “Tingkat Bahaya” sama dengan Rendah maka “Tingkat Rekomendasi Serang”-nya adalah Tinggi.

Rule – rule tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 2.3. *Linguistic Variables*

NO	INPUT			OUTPUT
	Sumberdaya	Tingkat Bahaya	Jarak	Rekomendasi Serang
1	Sedikit	Rendah	Dekat	Tinggi
2	Sedikit	Rendah	Menengah	Tinggi
3	Sedikit	Rendah	Jauh	Tinggi
4	Sedikit	Menengah	Dekat	Tinggi
5	Sedikit	Menengah	Menengah	Normal
6	Sedikit	Menengah	Jauh	Rendah
7	Sedikit	Tinggi	Dekat	Rendah
8	Sedikit	Tinggi	Menengah	Rendah
9	Sedikit	Tinggi	Jauh	Rendah
10	Sedang	Rendah	Dekat	Tinggi
11	Sedang	Rendah	Menengah	Tinggi
12	Sedang	Rendah	Jauh	Normal
13	Sedang	Menengah	Dekat	Normal
14	Sedang	Menengah	Menengah	Normal
15	Sedang	Menengah	Jauh	Normal
16	Sedang	Tinggi	Dekat	Normal
17	Sedang	Tinggi	Menengah	Rendah
18	Sedang	Tinggi	Jauh	Rendah
19	Banyak	Rendah	Dekat	Tinggi
20	Banyak	Rendah	Menengah	Tinggi
21	Banyak	Rendah	Jauh	Normal
22	Banyak	Menengah	Dekat	Normal
23	Banyak	Menengah	Menengah	Rendah
24	Banyak	Menengah	Jauh	Rendah
25	Banyak	Tinggi	Dekat	Normal
26	Banyak	Tinggi	Menengah	Rendah
27	Banyak	Tinggi	Jauh	Rendah

Pada desain fuzzy ini metode defuzzifikasi yang digunakan adalah LOM (Largest of Maximum) Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. Misalkan Z adalah himpunan Fuzzy, maka $\mu_c(z^*) \geq \mu_c(z)$ untuk setiap $z \in Z$



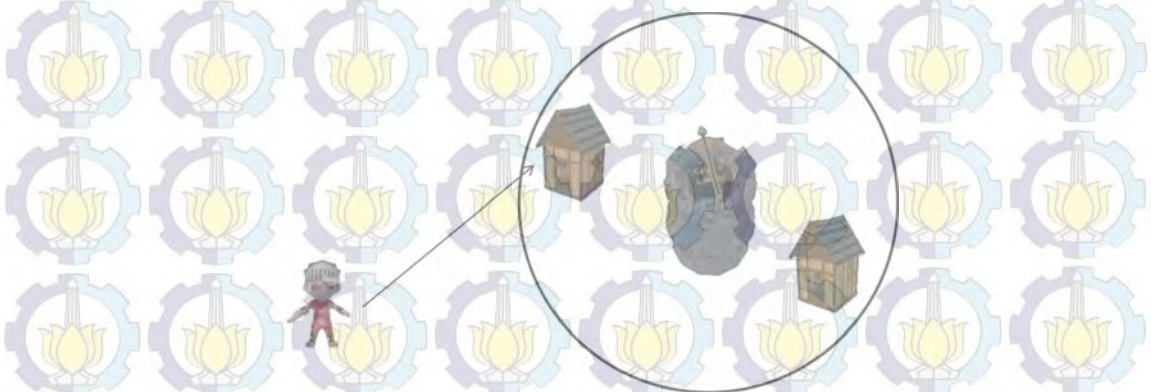
Gambar 3.12 Metode Keanggotaan Maksimum

Output dari Fuzzy adalah tingkat prioritas penyerangan yang berarti semakin tinggi output maka kesempatan untuk menjadi sasaran makin terbuka.

3.1.4. Pemilihan Keputusan NPC

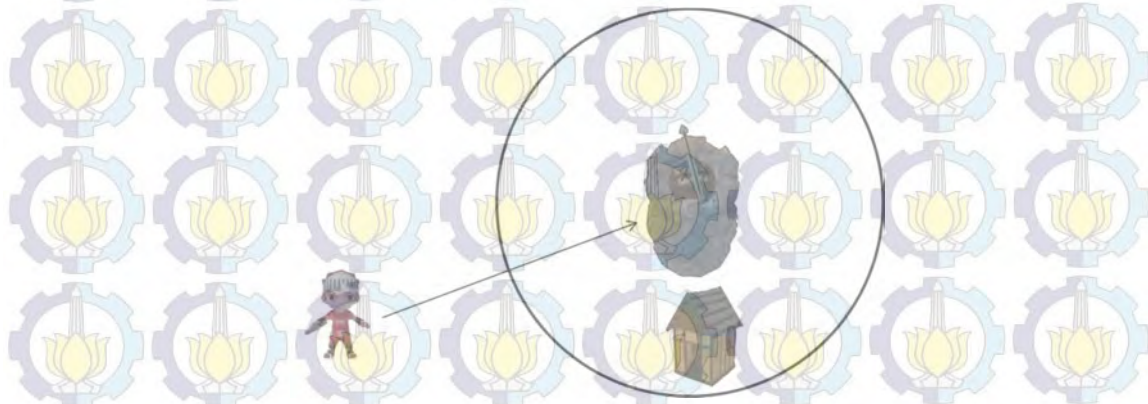
Dari tabel diatas dapat dilihat jika output dari sebuah target termasuk kategori High maka target tersebut menjadi prioritas utama penyerangan dan jika output dari sebuah target adalah Low/Normal maka yang menjadi prioritas target adalah defensive building yang melindungi target.

Urutan untuk masuk pada tahap ini adalah setelah semua target yang tidak terlindungi dari bangunan defense dihancurkan, segera setelah itu akan masuk pada tahap ini. semua bangunan akan dihitung output fuzzy masing-masing, input fuzzy mempunyai 3 input yaitu banyaknya sumberdaya target, nilai/tingkat bahaya dari target, dan jarak, setelah mengetahui output fuzzy dari masing-masing, maka pemilihan target yang diutamakan adalah target dengan output high dan jika ada lebih dari satu target dengan output high maka dipilih jarak yang terdekat dengan NPC,



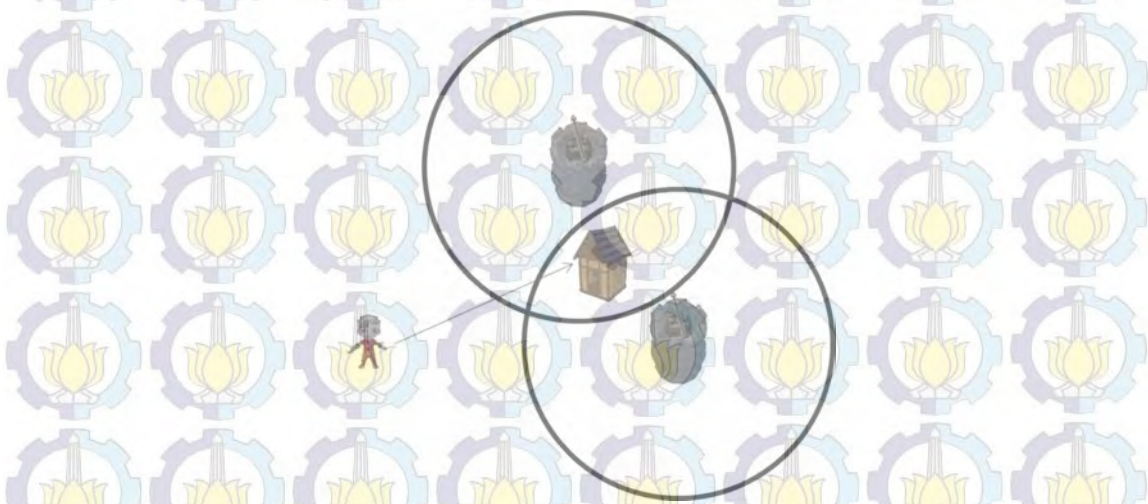
Gambar 3.13 Kondisi 2 bangunan dengan prioritas sama-sama High jika output dari target adalah normal berarti yang diserang adalah bangunan defense yang melindungi bangunan tersebut, bangunan yang dipilih

adalah bangunan dengan tingkat bahaya paling tinggi atau yang paling dekat dengan NPC.



Gambar 3.14 Kondisi bangunan dengan prioritas Normal

Dan jika output dari bangunan adalah low maka NPC akan mencari bangunan yang mempunyai prioritas lebih tinggi, setelah tersisa bangunan dengan prioritas low maka yang diserang duluan adalah bangunan defense yang melindungi target, dimulai dari yang paling berbahaya atau terdekat dengan NPC.



Gambar 3.15 kondisi bangunan dengan prioritas Low

Perhitungan dilakukan secara realtime sehingga setiap perubahan pada lingkungan akan menjadi faktor yang mempengaruhi keputusan/pemilihan target yang selanjutnya.

3.1.5. Perancangan Pengujian Sistem

Sistem Pemilihan target yang telah dirancang akan dicoba pada beberapa jenis situasi. Situasi pengujian dirancang sedemikian rupa untuk menguji

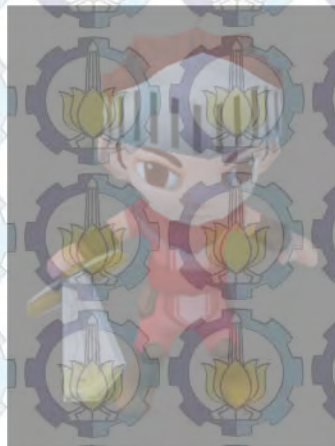
keberhasilan sistem pemilihan dalam mencapai tujuannya yaitu memperoleh sumberdaya sebanyak-banyaknya dan mengurangi jumlah kehilangan pasukan untuk mendapatkan sumberdaya sebanyak-banyaknya. Pengujian juga dilakukan untuk membandingkan variasi pilihan perilaku NPC dengan Sistem Pemilihan dan tanpa Sistem Pemilihan.

3.2. Desain Model dan NPC Pasukan Dan NPC Bangunan Defense

Model NPC Pasukan dari Game ini terdiri dari model NPC Pasukan Berpedang (melee), Model NPC Pasukan Panah(range), model NPC bangunan defense Archer Tower, model NPC bangunan defense Cannon, model NPC bangunan defense Wizard Tower, model NPC bangunan defense Mortar.

3.2.1. Desain Model Pasukan Berpedang(melee)

NPC pasukan ini adalah jenis pasukan berpedang dengan jarak serang yang pendek sehingga nyaris tidak terlindungi dari serang bangunan defense, mempunyai Damage yang tidak terlalu besar tapi life-point yang baik. Berikut adalah statistic dari NPC Pasukan Berpedang.



Gambar 3.16 Pasukan Berpedang

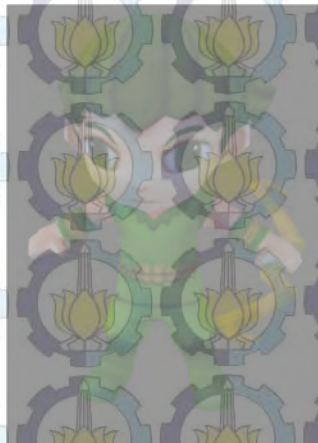
Tabel 3.4 Statistik Pasukan Berpedang

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Movement Speed</i>	5
2	<i>Damage</i>	14
3	<i>Attack Speed</i>	1 s

4	<i>Hitpoints</i>	65
5	<i>Attack Range</i>	Melee
6	Tipe Serangan	Single Attack

3.2.2. Desain Model Pasukan Panah(range)

NPC pasukan ini adalah jenis pasukan Panah dengan jarak serang yang panjang sehingga mampu menyerang bangunan tanpa mendapat serangan dari serang bangunan defense, mempunyai Damage yang tidak cukup besar tapi life-point yang sedikit. Berikut adalah statistic dari NPC Pasukan Panah.



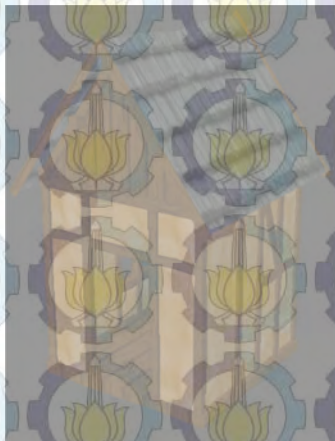
Gambar 3.17 Pasukan Panah

Tabel 3.5 Statistik Pasukan Panah

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Movement Speed</i>	7
2	<i>Damage</i>	12
3	<i>Attack Speed</i>	1 s
4	<i>Hitpoints</i>	28
5	<i>Attack Range</i>	4
6	Tipe Serangan	Single Attack

3.2.3. Desain Model Bangunan Food Storage

Bangunan Food Storage merupakan sasaran dalam game ini karena merupakan tempat penyimpanan *food* . berikut adalah statistic dari Bangunan target.



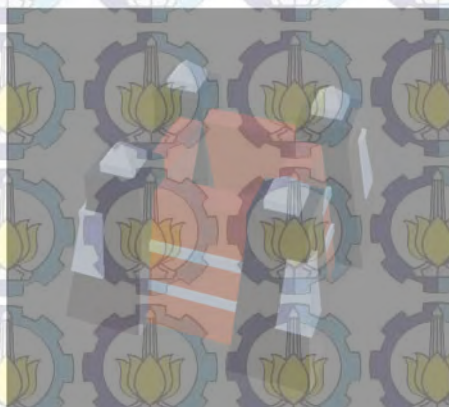
Gambar 3.18 Bangunan Food Storage

Tabel 3.6 Statistik Bangunan Food Storage

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	100
2	<i>Storage capacity for food</i>	500.000
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	100
4	<i>Hitpoints</i>	1800

3.2.4. Desain Model Bangunan Gold Storage

Bangunan *Gold Storage* merupakan sasaran dalam game ini karena merupakan tempat penyimpanan *food* . berikut adalah statistic dari Bangunan target.



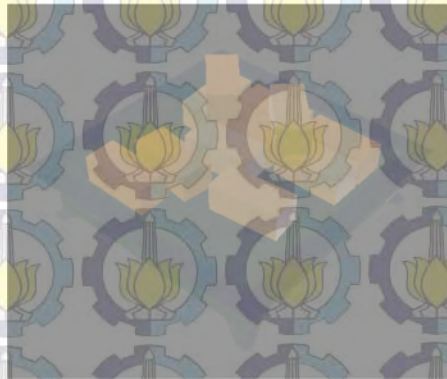
Gambar 3.19 Bangunan Gold Storage

Tabel 3.7 Statistik Bangunan Gold Storage

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	100
2	<i>Storage capacity for food</i>	100
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	500.000
4	<i>Hitpoints</i>	1800

3.2.5. Desain Model Bangunan Stone Storage

Bangunan *Gold Storage* merupakan sasaran dalam game ini karena merupakan tempat penyimpanan *food* . berikut adalah statistic dari Bangunan target.

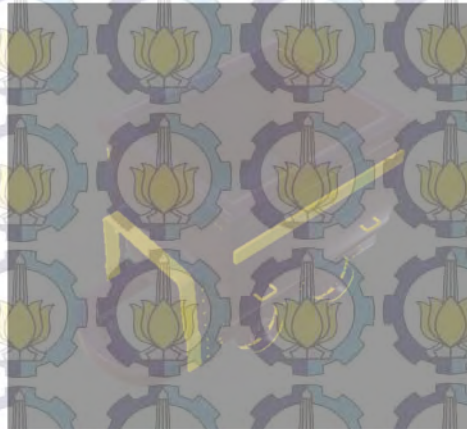


Gambar 3.20 Bangunan Stone Storage
Tabel 3.8 Statistik Bangunan stone Storage

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	100
2	<i>Storage capacity for food</i>	100
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	500.000
4	<i>Hitpoints</i>	1800

3.2.6. Desain Model Bangunan Gold Collector

Gold Collector adalah bangunan yang mempunyai fungsi untuk mengumpulkan *gold* dan mempunyai tempat penyimpanan *gold* sementara sebelum disimpan ke bangunan *Gold Storage*.



Gambar 3.21 Bangunan Gold Collector
Tabel 3.9 Statistik Bangunan Gold Collector

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	75.000
2	<i>Storage capacity for food</i>	100
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	100
4	<i>Hitpoints</i>	720

3.2.7. Desain Model Bangunan Stone Collector
Gold Collector adalah bangunan yang mempunyai fungsi untuk mengumpulkan *gold* dan mempunyai tempat penyimpanan *gold* sementara sebelum disimpan ke bangunan *Gold Storage*.



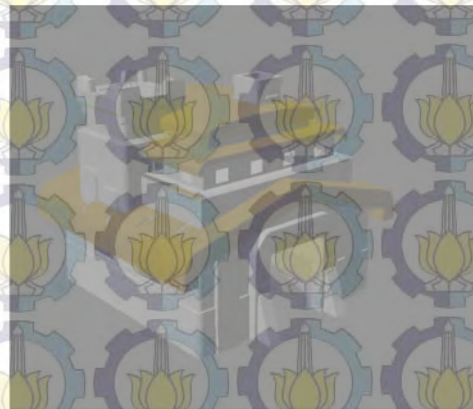
Gambar 3.22 Bangunan Stone Collector

Tabel 3.10 Statistik Bangunan Stone Collector

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	100
2	<i>Storage capacity for food</i>	100
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	75.000
4	<i>Hitpoints</i>	720

3.2.8. Desain Model Town Hall

Bangunan Town Hall merupakan Bangunan pusat, pemain lawan akan memenangkan penyerangan jika dapat menghancurkan bangunan ini. Meskipun bangunan ini mempunyai jumlah sumberdaya yang bisa diambil tetapi sedikit sehingga menjadi tidak terlalu dijadikan prioritas dalam system pemilihan. Berikut adalah statistic dari bangunan Town Hall.



Gambar 3.23 Bangunan Town Hall

Tabel 3.11 Statistik Bangunan Town Hall

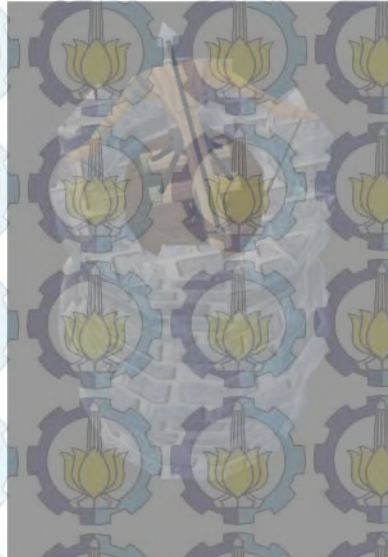
No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Storage Capacity for Gold</i>	1000
2	<i>Storage capacity for food</i>	1000
3	<i>Storage capacity fo stone</i>	1000
4	<i>Hitpoints</i>	2400

3.2.9. Desain Model Bangunan Defense.

a. Bangunan Archer.

Bangunan defense archer merupakan salah satu dari empat jenis bangunan defense, merupakan bangunan defense yang memberikan

damage pada satu musuh dalam satu waktu serangannya (single target). Berikut adalah statistik dari bangunan defense archer.



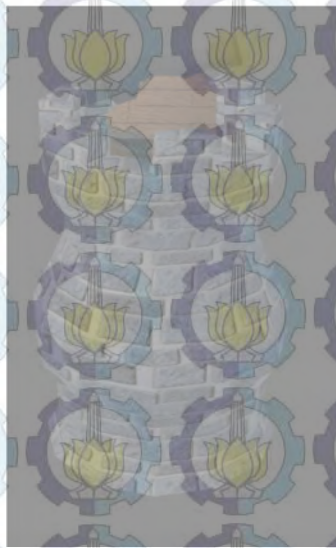
Gambar 3.24 Bangunan Defense Archer

Tabel 3.12 Statistik Bangunan Defense Archer

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Damage per second</i>	30
2	<i>Hitpoints</i>	500
3	<i>Attack Range</i>	10
4	<i>Damage Type</i>	Single Target

b. Bangunan Cannon.

Bangunan defense Cannon merupakan salah satu dari empat jenis bangunan defense, merupakan bangunan defense yang memberikan damage pada satu musuh dalam satu waktu serangannya (single target). Berikut adalah statistik dari bangunan defense Cannon.



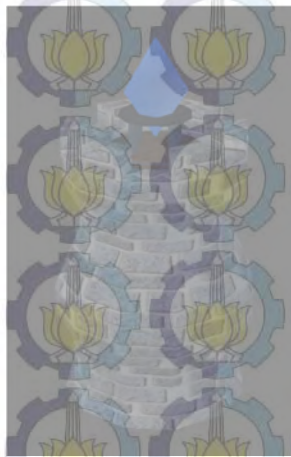
Gambar 3.25 Bangunan Defense Cannon

Tabel 3.13 Statistik Bangunan Defense Cannon

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Damage per second</i>	31
2	<i>Hitpoints</i>	670
3	<i>Attack Range</i>	9
4	<i>Damage Type</i>	Single Target

c. Bangunan Wizard

Bangunan defense wizard merupakan salah satu dari empat jenis bangunan defense, merupakan bangunan defense yang memberikan damage pada banyak musuh disekitarnya dalam satu waktu serangannya (multi target). Berikut adalah statistik dari bangunan defense wizard.



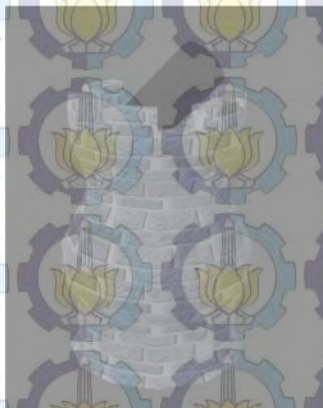
Gambar 3.26 Bangunan Defense Wizard

Tabel 3.14 Statistik Bangunan Defense Wizard

No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Damage per second</i>	11
2	<i>Hitpoints</i>	620
3	<i>Attack Range</i>	7
4	<i>Damage Type</i>	Multi Target

d. Bangunan Mortar

Bangunan defense mortar merupakan salah satu dari empat jenis bangunan defense, merupakan bangunan defense yang memberikan damage pada banyak musuh disekitarnya dalam satu waktu serangannya (multi target). Berikut adalah statistik dari bangunan defense mortar.



Gambar 3.27 Bangunan Defense Mortar

Tabel 3.15 Statistik Bangunan Defense Mortar

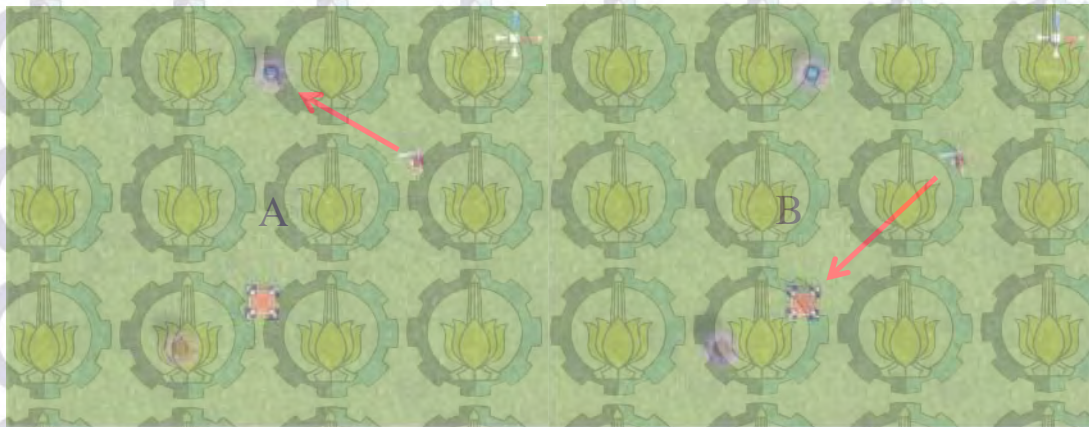
No	Keterangan	Statistik Kemampuan
1	<i>Damage per second</i>	6
2	<i>Damage per Shot</i>	30
3	<i>Hitpoints</i>	500
4	<i>Attack Range</i>	4-11
5	<i>Damage Type</i>	Multi Target

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjabarkan mengenai hasil percobaan terhadap sistem pemilihan pasukan yang telah dibuat. Percobaan dilakukan untuk membandingkan sistem pemilihan fuzzy dan sistem pemilihan biasa yang tanpa fuzzy, menganalisa hasil dari beberapa Situasi yang dirancang untuk menguji sistem pemilihan yang telah dibuat.

Sistem pemilihan target serangan yang biasa digunakan adalah menyerang target/bangunan terdekat dari NPC/pasukan.



Gambar 4.1. Perbandingan sistem pemilihan

Pada gambar 4.1. bagian A adalah NPC yang memilih untuk menyerang target terdekat meskipun target terdekat tidak memberi sumberdaya pada penyerang, sedangkan gambar bagian B adalah NPC yang diberi sistem pemilihan dan akan menyerang langsung Bangunan sumberdaya.

Ada beberapa aspek penting yang akan dibandingkan untuk melihat perbandingan dari system pemilihan ; Jumlah Sumberdaya yang didapat, waktu yang diperlukan, jumlah pasukan yang tersisa dan jumlah bangunan yang tersisa.

4.1. Pengujian

Pengujian pada skenario terdiri dari pengujian dengan kondisi penempatan bangunan sumberdaya dan bangunan defense yang sama tapi dengan jumlah sumberdaya yang akan diacak untuk setiap bangunan. untuk membandingkan variasi pemilihan sasaran dari setiap pasukan yang menggunakan sistem pemilihan fuzzy dan yang tanpa menggunakan system pemilihan fuzzy. Pengujian variasi serangan ini juga dilakukan untuk membandingkan jumlah sumberdaya yang bisa didapat, waktu yang diperlukan, jumlah pasukan yang tersisa dan jumlah bangunan yang tersisa.

4.1.1. Pengujian dengan 60 Pasukan Melee

Pengujian yang pertama : ada 6 bangunan sumberdaya yang diacak jumlah sumberdaya yang ditampung masing-masing bangunan. Ada 9 bangunan defense 3 bangunan defense archer tower, 3 bangunan defense cannon tower, 1 bangunan defense mortar tower dan 1 bangunan defense wizard tower, serta 1 bangunan Town hall sedangkan jumlah NPC adalah 60 NPC melee tanpa NPC range.



Gambar 4.2 Skenario Pengujian 1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian dengan 60 Pasukan Melee (Lengkap)

Waktu tersedia = 60 detik					Jumlah pasukan = 60 pasukan melee			
Jumlah bangunan = 16								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	bangunan
1	86955/87779	58	0	7	76023/87779	52	0	4
2	97196/97296	60	28	4	86942/97296	53	0	4
3	74619/74619	60	30	5	68143/74619	51	0	4
4	82728/82728	60	27	4	69954/82728	50	0	5
5	91280/91280	60	32	5	85490/91280	51	0	4
6	75633/75633	60	15	3	66917/75633	51	0	4
7	104269/104269	60	32	4	85864/104269	52	0	4
8	80649/80649	60	32	4	71200/80649	49	0	4
9	103616/103616	60	30	5	80440/103616	52	0	4
10	96115/110079	60	7	8	97885/110079	52	0	4
11	71025/71025	60	32	4	55781/71025	50	0	5
12	118016/118016	60	28	4	101654/118016	52	0	4
13	89526/89526	60	27	4	67151/89526	52	0	4
14	95228/95228	60	32	5	78971/95228	51	0	5
17	66830/66830	60	27	4	49351/66830	48	0	5
18	102028/102028	51	0	7	80239/102028	48	0	5
19	99916/99916	60	28	4	82794/99916	48	0	5
20	96793/96793	60	27	4	76822/96793	50	0	5
21	110151/110151	60	27	4	83493/110151	48	0	5
22	99929/99929	60	32	5	85504/99929	49	0	5
23	76313/76313	60	32	5	58943/76313	48	0	5
24	100823/100823	60	28	4	80680/100823	48	0	5
25	95642/95642	60	28	4	74454/95642	49	0	5

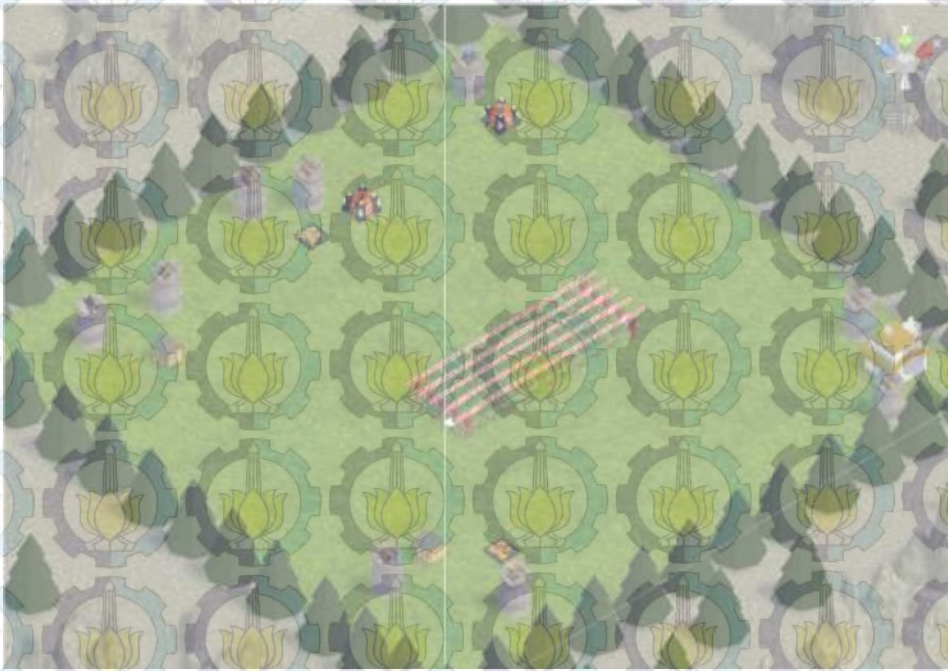
Waktu tersedia = 60 detik ; Jumlah pasukan = 60 pasukan melee ; Jumlah bangunan = 16								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
26	111879/111879	60	32	5	96279/111879	48	0	5
27	97158/97158	60	28	4	83867/97158	48	0	5
28	93867/93867	60	28	4	74860/93867	48	0	5
29	116065/116065	60	27	4	86300/116065	48	0	5
30	72004/72004	60	32	5	66443/72004	49	0	4
31	102781/102781	60	32	5	90623/102781	48	0	5
32	99400/99400	60	27	4	76692/99400	48	0	5
33	105530/105530	60	27	4	77724/105530	48	0	5
34	87131/87131	60	28	4	68769/87131	48	0	5
35	119182/119182	60	28	4	90705/119182	48	0	5
36	71181/71181	60	27	4	51115/71181	48	0	5
37	79982/79982	60	30	4	62259/79982	48	0	5
38	111452/111452	60	15	3	102511/111452	49	0	4
39	87332/87332	60	32	5	76739/87332	48	0	5
40	74790/74790	60	32	5	69707/74790	54	0	5
41	79149/79149	60	28	4	61264/79149	48	0	5
42	109633/109633	60	28	4	87182/109633	52	0	4
43	106452/106452	60	27	4	85966/106452	49	0	4
44	96735/96735	60	30	5	78320/96735	52	0	4
45	68996/68996	60	30	5	56339/68996	48	0	4
46	124258/124258	60	27	4	109245/124258	60	7	3
47	91729/91729	60	16	3	65421/91729	60	2	3
48	101675/101675	60	28	4	75115/101675	48	0	5
49	61252/61252	60	28	4	46798/61252	50	0	5
50	102336/102336	60	33	5	91216/102336	48	0	4

Data pada tabel 4.1 telah menunjukkan perbandingan antara sistem pemilihan target dengan fuzzy dengan sistem pemilihan target tanpa menggunakan fuzzy, data yang dilihat adalah banyaknya sumberdaya bisa diambil, waktu yang diperlukan, banyaknya pasukan yang tersisa jika waktu yang ditentukan telah habis, dan banyaknya bangunan yang tersisa. Terlihat dari tabel 4.1 bahwa NPC Pasukan dengan Sistem Pemilihan Berhasil memperoleh jumlah sumberdaya yang lebih banyak daripada NPC Pasukan yang tidak menggunakan Sistem Pemilihan, dari waktu 60 detik yang disediakan NPC Pasukan dengan Sistem Pemilihan rata-rata membutuhkan waktu hampir 1 menit untuk memperoleh sumberdaya yang nyaris 100% dengan menyisakan banyak NPC Pasukan yang tersisa berbanding terbalik dengan NPC Pasukan yang tidak menggunakan Sistem Pemilihan waktu yang digunakan relative singkat tapi jumlah NPC Pasukan nyaris tidak bersisa, sedangkan dari jumlah bangunan yang berhasil dihancurkan, NPC Pasukan dengan menggunakan Sistem Pemilihan berhasil lebih banyak menghancurkan bangunan jika dibandingkan dengan NPC Pasukan yang tidak menggunakan Sistem Pemilihan.

4.1.2. Pengujian dengan 50 Pasukan Melee dan 10 Pasukan Range

Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, dari 50 kali percobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy selalu berhasil mendapatkan jumlah sumberdaya yang lebih banyak dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 100 % dibandingkan dengan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 96.17 % . Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 39.33 % berbanding 2.4 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy,

sedangkan jumlah bangunan yang tersisa bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 30.13 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 29.86 %.



Gambar 4.3. Pengujian Skenario 2

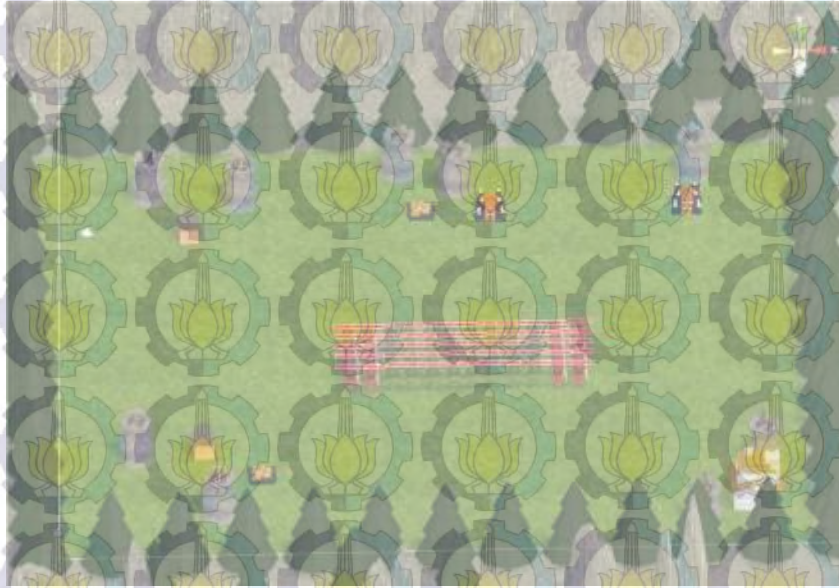
4.1.3. Pengujian dengan 40 Pasukan melee dan 20 Pasukan Range.

Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, dari 50 kali perobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy selalu berhasil mendapatkan jumlah sumberdaya yang lebih banyak dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 100 % dibandingkan dengan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 84.03 % atau menurun hingga 12 % dari pengujian sebelumnya ini dikarenakan pasukan range yang lebih dahulu mati diserang oleh bangunan defense kuat seperti *wizzard tower* dan *Mortar tower*, berbeda dengan pasukan range yang menggunakan sistem pemilihan fuzzy yang mampu menyerang terlebih dahulu bangunan target tanpa diserang oleh bangunan defense.



Gambar 4.4. Jarak serang Wizzard Tower

Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 24.5 % berbanding 0 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy masing-masing mengalami penurunan dari pengujian sebelumnya, sedangkan jumlah bangunan yang tersisa pasukan dengan sistem pemilihan fuzzy bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 36.67 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 62.5 %.



Gambar 4.5. Pengujian Skenario 3

4.1.4. Pengujian dengan 30 Pasukan Melee dan 30 Pasukan Range

Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, dari 50 kali percobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy hanya sekali percobaan dimana pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan berhasil mendapatkan sumberdaya lebih banyak dibanding pasukan yang menggunakan sistem pemilihan dengan fuzzy yaitu pada percobaan 1, namun secara rata-rata presentasi pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil memperoleh sumberdaya sebesar 91.6 % dibandingkan dengan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 69.1 % . Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 11.3 % berbanding 0 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy, terjadi penurunan drastis pada sisa jumlah pasukan disebabkan semakin banyaknya pasukan

range yang mempunyai *hitpoint* lebih sedikit dibandingkan pasukan melee, dan pasukan range yang bisa sekali mati jika diserang bangunan defense seperti *Mortar Tower* sedangkan jumlah bangunan yang tersisa, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 51.6 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 65.6 %.

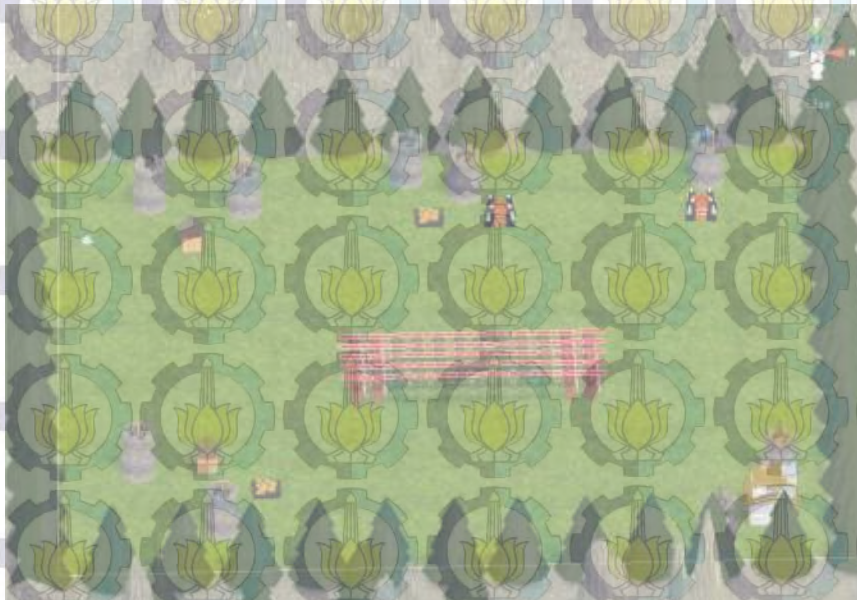


Gambar 4.6. Pengujian Skenario 4

4.1.5. Pengujian dengan 20 Pasukan Melee dan 40 Pasukan Range

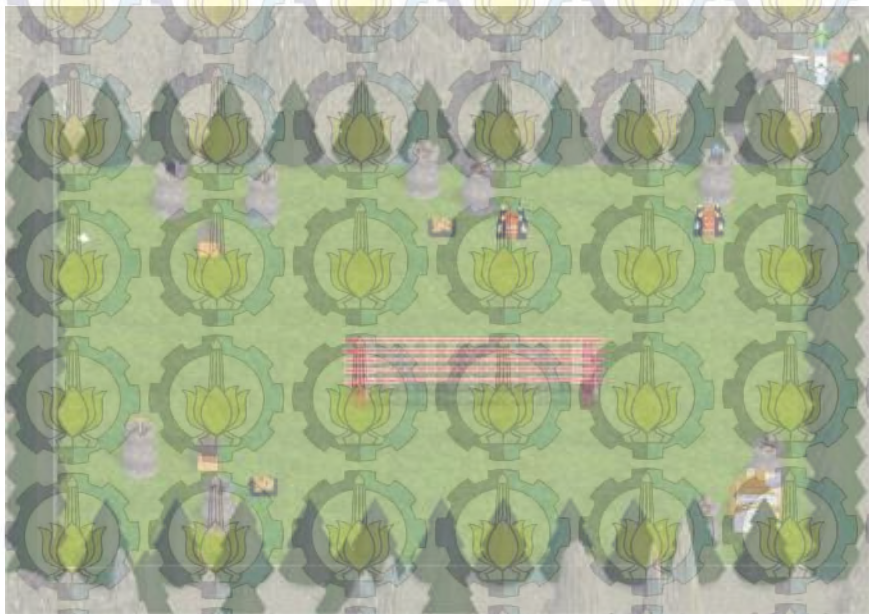
Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, 50 kali perobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy terdapat 3 kali percobaan dimana pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan berhasil mendapatkan sumberdaya lebih banyak dibanding pasukan yang menggunakan sistem pemilihan dengan fuzzy yaitu pada percobaan 24, percobaan 41 dan percobaan 47, namun secara rata-rata presentasi pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil memperoleh sumberdaya sebesar 92.31 % berbanding 78.86 % . Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu

menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 4.53 % berbanding 0.2 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy, pada bagian pasukan tersisa terjadi penurunan sebesar 6.77 % ini disebabkan banyaknya pasukan range yang menyerang secara berkumpul sehingga akan langsung mati dalam jumlah besar jika diserang oleh bangunan defense seperti *mortar tower* atau *archer tower* sedangkan jumlah bangunan yang tersisa pasukan dengan sistem pemilihan fuzzy bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 56.26 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 65.46 %.



Gambar 4.7. Pengujian Skenario 5

4.1.6. Pengujian dengan 10 Pasukan Melee dan 50 Pasukan Range



Gambar 4.8. Pengujian Skenario 6

Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, dari 50 kali percobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy selalu berhasil mendapatkan jumlah sumberdaya yang lebih banyak dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 99.96 % dibandingkan dengan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 68.23 % . Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 20.33 % berbanding 0 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy, sedangkan jumlah bangunan yang tersisa bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 43.86 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 73.33 % . Pada pengujian ini hanya sedikit

bangunan tersisa jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy ini disebabkan pasukan range yang bergerombol menyerang bangunan dan mati dalam serangan pertama bangunan defense seperti *mortar tower* atau *wizzard tower*.

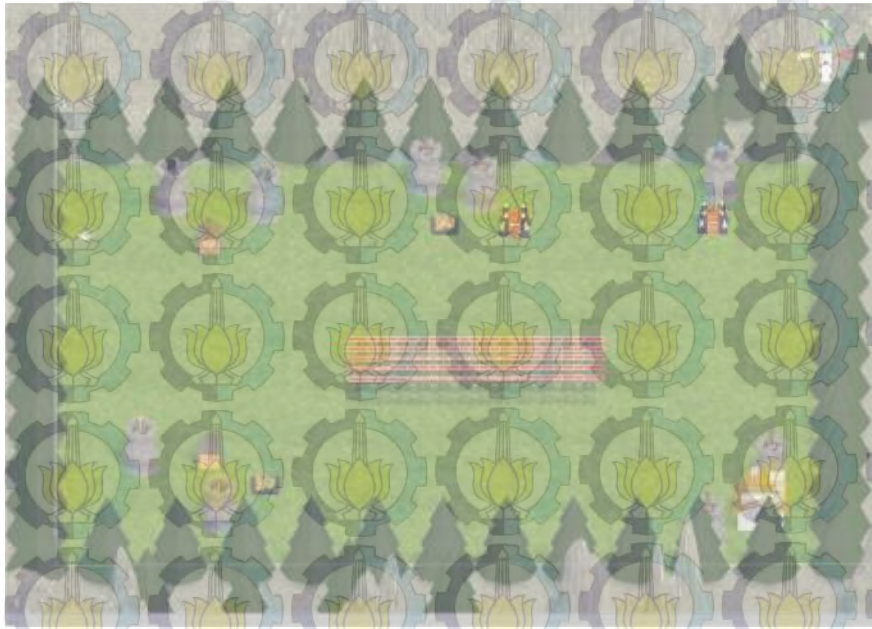


Gambar 4.9. *Mortar Tower* menyerang pasukan Range

4.1.7. Pengujian dengan 60 pasukan Range

Pengujian ini dilakukan dengan mengombinasikan pasukan melee dan pasukan range, dari 50 kali percobaan pasukan yang diberi sistem pemilihan dengan menggunakan fuzzy selalu berhasil mendapatkan jumlah sumberdaya yang lebih banyak dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 99.4 % dibandingkan dengan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan presentasi sumberdaya yang bisa diambil adalah 64.73 % . Dari jumlah waktu yang digunakan pasukan dengan sistem pemilihan menggunakan fuzzy selalu menggunakan waktu yang lebih lama dibandingkan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan, waktu yang lebih lama berarti pasukan dengan sistem pemilihan fuzzy bisa bertahan lebih lama menyerang bangunan-bangunan sehingga memperoleh sumberdaya yang lebih banyak dan pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan tidak lama bertahan karena menyerang bangunan yang dilindungi oleh bangunan defense yang kuat. itu berbanding terbalik dengan banyak pasukan tersisa

dan jumlah bangunan yang bisa dihancurkan, pasukan dengan menggunakan sistem pemilihan fuzzy berhasil menyisakan jumlah pasukan dengan presentasi rata-rata 30.83 % berbanding 0 % yang bisa disisakan jika pasukan tidak menggunakan sistem pemilihan fuzzy, sedangkan jumlah bangunan yang tersisa bisa membuat bangunan yang tersisa dengan presentasi rata-rata 33.2 % berbanding pasukan yang tidak menggunakan sistem pemilihan yang berhasil menyisakan bangunan lebih sedikit dengan presentasi rata-rata 73.46 %.



Gambar 4.10. Skenario Pengujian 7

Berikut adalah Tabel dari 7 pengujian :

Tabel 4.2. Tabel Rekap

Melee	Range	Sumberdaya		Waktu Terpakai		Pasukan Tersisa		Bangunan Tersisa	
		Terambil (%)		(s)		(%)		(%)	
		Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy
60	0	99.59	89.05	59.78	50	43.96	0.3	29.2	30.13
50	10	100	96.17	60	52.98	39.33	2.4	30.13	29.86
40	20	100	84.03	60	45.96	24.5	0	36.67	62.5
30	30	91.6	69.1	58.43	42.84	11.3	0	51.6	65.6

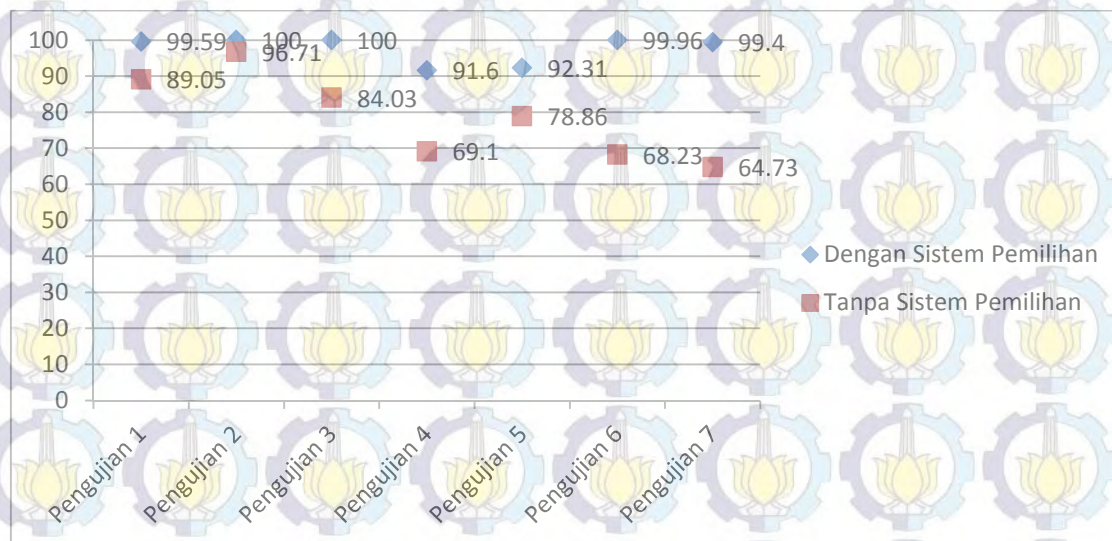
Melee	Range	Sumberdaya Terambil (%)		Waktu Terpakai (s)		Pasukan Tersisa (%)		Bangunan Tersisa (%)	
		Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy	Dengan Fuzzy	Tanpa Fuzzy
20	40	92.31	78.86	58.02	37.08	4.53	0.2	56.26	65.46
10	50	99.96	68.23	58.2	29.94	20.33	0	43.86	73.33
0	60	99.4	64.73	57.94	23.96	30.83	0	33.2	73.46

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat perbandingan dari jumlah Sumberdaya yang terambil, banyak waktu yang digunakan, jumlah pasukan yang tersisa dan jumlah bangunan yang tersisa.

4.2. Perbandingan Pengujian

Sub bab ini untuk membandingkan antar pengujian 1 – 7, sumberdaya, pasukan tersisa dan bangunan yang tersisa, adalah aspek yang dibandingkan.

4.2.1. Perbandingan Sumberdaya yang terambil

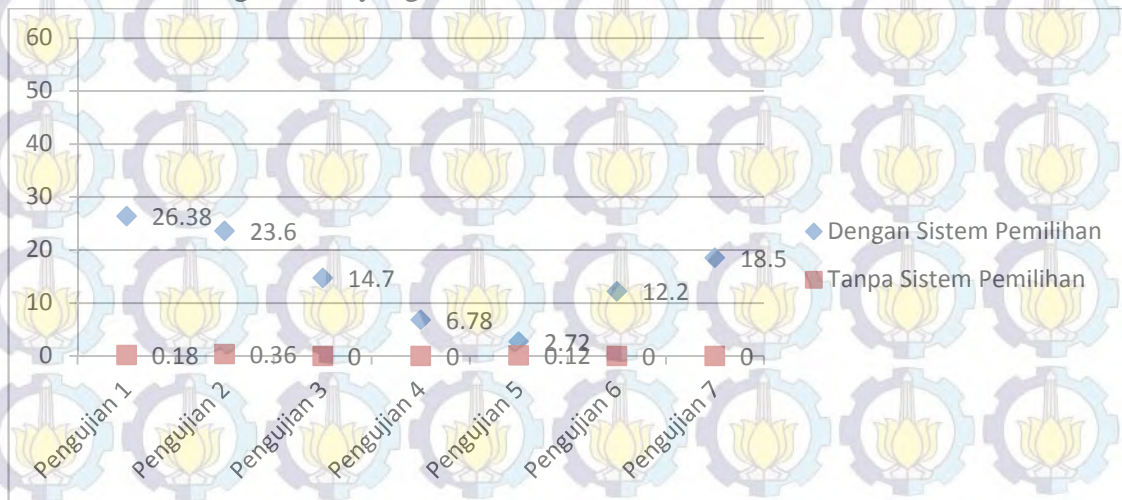


Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Sumberdaya terambil

Dari Gambar 4.11 pada skenario yang sama, sistem pemilihan yang dibuat selalu mempunyai presentasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan sistem pemilihan yang berarti dalam aspek pengambilan sumberdaya dengan

menggunakan sistem pemilihan, sumberdaya yang didapat bisa lebih banyak. Pada perbandingan sumberdaya dapat dilihat dari gambar 4.11, perbedaan antara presentasi pengambilan sumberdaya terjadi pada pengujian 4, 6, 7, ini disebabkan karena banyaknya pasukan range yang lebih dulu mati sebelum mendapatkan sumberdaya dari bangunan yang diserang, pasukan range yang tidak menggunakan sistem pemilihan dengan fuzzy memilih untuk menyerang bangunan yang dilindungi oleh bangunan *defense* yang kuat.

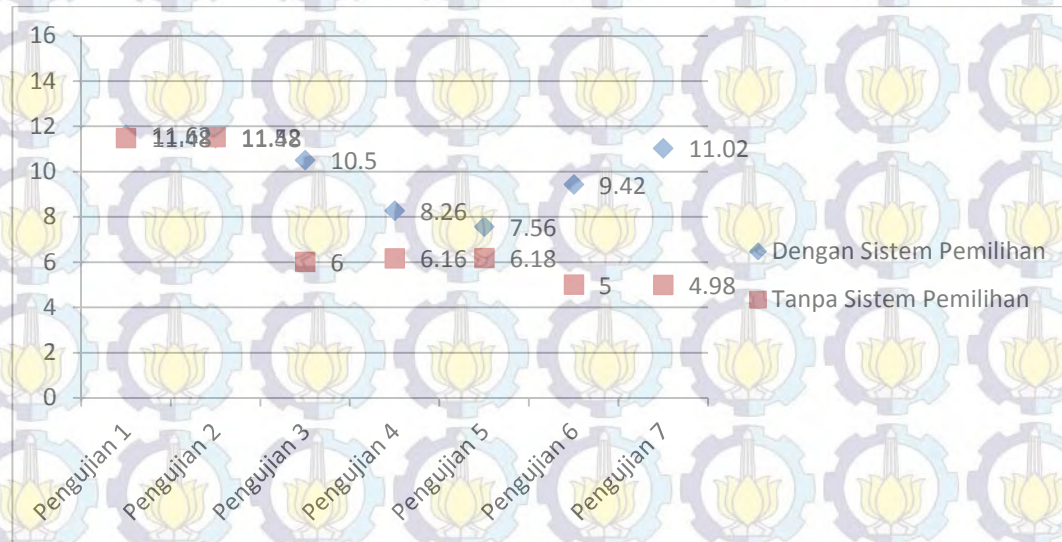
4.2.2. Perbandingan NPC yang tersisa



Gambar 4.12. Grafik Perbandingan NPC yang tersisa

Dari gambar 4.12, pada skenario yang sama sistem pemilihan yang dibuat selalu menyisakan NPC lebih banyak yakni dengan rata-rata pasukan tersisa sebanyak 14,98 dari total 60 pasukan berbanding 0,09 pasukan tersisa dari total 60 pasukan jika tanpa menggunakan system pemilihan, ini berarti dengan menggunakan sistem pemilihan Penggunaan jumlah NPC akan lebih maksimal. Ini disebabkan NPC pasukan yang menggunakan sistem pemilihan fuzzy mempunyai kemampuan untuk menghancurkan bangunan *defense* terlebih dahulu sebelum menyerang target/bangunan yang mempunyai sumberdaya. Sedangkan NPC pasukan yang menyerang menggunakan metode *distance-based* hanya memilih menyerang bangunan yang terdekat tanpa memperhatikan bangunan *defense* yang melindungi bangunan yang tersebut.

4.2.3. Perbandingan Bangunan yang berhasil dihancurkan



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Bangunan yang berhasil dihancurkan

Dari Gambar 4.13 pada skenario yang sama sistem pemilihan yang dibuat berhasil selalu memperoleh nilai yang lebih tinggi ini berarti sistem pemilihan yang digunakan dapat menghancurkan lebih banyak bangunan, jika dibanding dengan tidak menggunakan sistem pemilihan. Ini disebabkan NPC pasukan yang menggunakan sistem pemilihan fuzzy dapat menghemat pasukan dengan baik, karena dengan semakin banyak pasukan tentu akan lebih cepat untuk menghancurkan bangunan yang dijadikan target.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari data yang diambil dari setiap pengujian maka dapat diambil kesimpulan seperti berikut :

1. Sistem Pemilihan yang dikembangkan dengan menggunakan logika Fuzzy dalam penelitian ini dapat memberikan hasil sumberdaya yang lebih banyak dibandingkan dengan sistem pemilihan target berdasarkan jarak.
2. Pada skenario penyerangan, Penyerangan dengan menggunakan sistem pemilihan Dengan menggunakan Logika Fuzzi dapat memberikan hasil perolehan sumberdaya yang lebih besar dari penyerangan tanpa menggunakan sistem pemilihan, dapat mempertahankan jumlah NPC lebih banyak dari penyerangan tanpa sistem pemilihan. Dengan sistem pemilihan rata-rata sumberdaya yang terambil adalah 97,55 % berbanding 78,67 % jika tidak menggunakan sistem pemilihan. Sedangkan rata-rata sisa NPC adalah 24,96 % NPC berbanding 0,15 % NPC atau nyaris tak tersisa jika tidak menggunakan sistem pemilihan.
3. Menggunakan salah satu jenis NPC saja dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada pengujian dengan 2 jenis NPC sama banyak. Pada pengujian dengan 60 pasukan NPC melee mampu mengambil sumberdaya sebanyak 100 % begitu pula dengan pengujian yang menggunakan 60 pasukan NPC range juga mampu mengambil sumberdaya sebanyak 100 %, hal ini tidak terjadi pada pengujian 4 (20 melee dan 40 range) dan pengujian 5 (10 melee dan 50 range) adalah jumlah sumberdaya yang berhasil diambil hanya 91.6 % dan 92,31 % yang berarti terendah daripada pengujian lainnya. Hal ini juga berlaku pada aspek banyaknya NPC yang tersisa dan banyaknya bangunan yang berhasil dihancurkan.

5.2. Saran

Pada sistem pemilihan ini masih mempunyai peluang untuk dikembangkan, seperti penyerangan secara berkelompok sehingga mampu memilih pasukan sesuai dengan kondisi tim, atau penghematan waktu agar lebih efisien, karena pemilihan target dengan sistem pemilihan ini lebih banyak menggunakan waktu jika dibandingkan dengan yang tidak menggunakan sistem pemilihan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perez, Alberto Uriarte. "Multi-reactive Planning for Real-Time Strategy Games", *report of the master project, option : artificial intelligence*, Universitat Autonome de Barcelona
- [2] Jonathan Tremblay, Christopher Dragert dan Clark Verbrugge, "Target Selection for AI Companions in FPS Games", *Foundations of Digital Games*, 2014
- [3] Doherty, Darren dan Colm O'Riordan. *The Design Goals and Implementation of AI in Modern Computer Games*. Galway : Departemen Of Information Technology National University Of Ireland.
- [4] Wahono, Romi Satria. (2001). *Pengantar Software Agent : Teori dan Aplikasi*. IECI Chapter Japan Series, Vol.3 No. 1.
- [5] Iskander Umarov, Maxim Mozgovoy dan P Clint Rogers, "Believable and Effective AI Agents in Virtual World : Current State and Future Perspectives", *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, Volume 4 2012
- [6] Julian Togelius, Georgios N. Yannakis, Sergey Karakovskiy dan Noor Shaker lee and Edward A. Lee, "Assesing Believability", In *Hingston, P.,ed., Believable Bots : Can Computers Play Like People?*. Springer, Chapter 9, 2012
- [7] Darren Doherty dan Colm O'Riordan, "The Design Goals and Implementation of AI in Modern Computer Games", *Techreport*, 2006
- [8] Penelope Sweetser dan Peta Wyeth, "GameFlow : A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games" *ACM Computers in Entertainment*, Vol. 3, No. 3, July 2005
- [9] T.J.A. Jansen, "Player Adaptive Cooperative Artificial Intelligence for RTS Games", BSc. Thesis, Universiteit Maastricht, 2007.
- [10] Millington, Ian. (2006). *Artificial Intelligence For Games*. San Francisco : Morgan Kaufman Publisher.
- [11] Arif, Yunifa Miftachul, Supeno Mardi S.N, dan Mochamad Hariadi. (2010). *Strategi Menyerang Pada Game FPS Menggunakan Hierarchical Finite State Machine dan Logika Fuzzy*. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tabel Pengujian dengan 60 Pasukan Melee

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah pasukan = 50 pasukan melee, 10 pasukan range Jumlah bangunan = 16								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	113835/111835	60	26	4	112013/111835	60	1	4
2	114167/114167	60	24	4	109870/114167	50	0	4
3	141526/141526	60	24	4	130277/141527	49	0	4
4	101364/101364	60	26	4	99158/101463	49	0	4
5	73806/73806	60	32	4	71179/73806	52	0	4
6	118581/118581	60	26	4	107782/118581	49	0	4
7	98138/98138	60	26	4	91875/98138	50	0	4
8	137760/137760	60	26	4	124130/137760	49	0	4
9	141278/141278	60	26	4	129281/141218	49	0	4
10	91744/91744	60	32	5	85202/91744	52	0	4
11	82310/82310	60	15	4	76762/82310	49	0	4
12	81577/81577	60	32	4	79816/81577	49	0	4
13	112034/112034	60	32	4	105778/112034	50	0	4
14	79704/79704	60	31	5	72746/79704	49	0	4
15	94118/94118	60	31	5	85505/94118	49	0	4
16	104463/104463	60	28	4	83933/104463	60	1	4
17	79688/79688	60	20	5	70988/79688	53	0	5
18	70711/70711	60	27	4	63550/70711	43	0	7
19	90149/90149	60	19	5	80994/90149	60	1	4
20	81338/81338	60	20	5	71227/81338	53	0	4
21	85647/85647	60	23	5	73882/85674	52	0	4
22	94879/94879	60	29	4	72072/94879	53	0	4
23	105912/105912	60	19	5	92617/105912	41	0	7
24	113918/113918	60	23	5	98733/113918	60	1	4
25	117112/117112	60	20	5	103345/117112	40	0	7
26	79328/79328	60	20	5	68630/79328	44	0	6

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 50 pasukan melee, 10 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	67466/67466	60	28	3	49974/67466	43	0	7
28	86814/86814	60	26	4	70698/86814	53	0	4
29	87769/87769	60	20	5	78624/87769	60	1	4
30	71136/71136	60	26	4	51419/71136	59	0	4
31	90032/90032	60	27	4	73112/90032	60	1	4
32	119239/119239	60	23	3	97856/119239	60	1	4
33	107578/107578	60	20	5	85257/107578	43	0	7
34	103087/103807	60	20	5	80469/103807	60	1	4
35	96945/96945	60	20	5	83358/96945	60	1	4
36	100802/100802	60	20	5	89581/100802	60	1	4
37	89680/89680	60	20	5	75604/89680	44	0	6
38	109535/109535	60	20	5	83248/109535	60	1	4
39	100678/100678	60	20	5	81919/100678	60	1	4
40	84056/84056	60	20	5	73844/84056	59	0	4
41	103034/103034	60	14	5	90762/103034	44	0	6
42	69105/69105	60	20	5	55103/69105	44	0	6
43	60227/60227	60	29	3	48076/60227	60	1	4
44	114966/114966	60	20	5	100683/114966	60	1	4
45	118072/118072	60	20	5	105222/118072	60	1	4
46	90132/90132	60	13	6	69644/90132	60	1	4
47	99865/99865	60	27	4	84711/99865	60	1	4
48	92607/92607	60	27	5	82745/92607	60	1	4
49	83967/83967	60	23	5	72227/83967	53	0	4
50	105977/105977	60	20	5	99019/105977	53	0	4

Tabel Hasil Pengujian dengan 50 Pasukan Melee dan 10 Pasukan Archer

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah pasukan = 40 pasukan melee, 20 pasukan range Jumlah bangunan = 16								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	103920/103920	60	23	4	89032/103920	45	0	10
2	95390/95390	60	14	7	81422/95390	46	0	10
3	136034/136034	60	13	5	110057/136034	46	0	10
4	60185/60185	60	19	5	52046/60185	46	0	10
5	88102/88169	60	7	7	73753/60185	46	0	10
6	97595/97595	60	13	5	88248/97595	45	0	10
7	88215/88215	60	20	5	68907/88215	46	0	10
8	81648/81648	60	13	5	73887/81648	46	0	10
9	96453/96453	60	13	5	76770/96453	46	0	10
10	105109/105109	60	13	6	98197/105109	45	0	10
11	106075/106075	60	19	5	89445/106075	46	0	10
12	102184/102184	60	23	4	78619/102184	46	0	10
13	83967/83967	60	23	4	73684/73684	46	0	10
14	91505/91505	60	13	5	74436/91505	46	0	10
15	119295/119295	60	24	4	95112/119295	45	0	10
16	116974/116974	60	13	5	97937/116974	45	0	10
17	91647/91647	60	13	5	75711/91647	47	0	10
18	69828/69828	60	20	5	60113/69828	46	0	10
19	104802/104802	60	13	5	90343/104802	46	0	10
20	86433/86579	60	9	8	74025/86579	46	0	10
21	78691/78691	60	21	5	64500/78691	46	0	10
22	91808/91913	60	8	8	61413/91913	46	0	10
23	90498/90565	60	8	8	74479/90565	46	0	10
24	79905/79905	60	21	5	65761/79905	46	0	10
25	74839/74839	60	10	7	54529/74839	46	0	10
26	90371/90371	60	13	5	67598/90371	46	0	10

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 40 pasukan melee, 20 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	87926/87926	60	13	6	72385/87926	46	0	10
28	115046/115046	60	23	4	97445/115046	46	0	10
29	121876/121876	60	9	6	98660/121876	46	0	10
30	103302/103302	60	13	5	64583/103302	46	0	10
31	82371/82371	60	19	5	69125/82371	46	0	10
32	106440/106440	60	13	6	87509/106440	46	0	10
33	87875/87920	60	19	4	65141/87920	46	0	10
34	135412/135412	60	13	6	111092/135412	46	0	10
35	66840/66840	60	13	5	49570/66840	46	0	10
36	61398/61398	60	11	6	56549/61398	46	0	10
37	92042/92042	60	13	6	73537/92042	46	0	10
38	87399/87399	60	21	4	68800/87399	46	0	10
39	104964/104964	60	13	5	86595/104964	46	0	10
40	139952/139952	60	13	6	122938/139952	46	0	10
41	94005/94005	60	13	6	73607/94005	46	0	10
42	99863/99863	60	18	5	78815/99863	46	0	10
43	84083/84083	60	18	5	60606/84083	48	0	10
44	70838/70838	60	7	6	52520/70838	46	0	10
45	113566/113566	60	13	6	94518/113566	46	0	10
46	90962/90962	60	14	5	67119/90962	46	0	10
47	112484/112610	60	8	8	89989/112610	46	0	10
48	97840/97840	60	13	5	89330/97840	46	0	10
49	113745/113745	60	13	6	85486/113745	46	0	10
50	79700/79700	60	13	7	59387/79700	46	0	10

Tabel Pengujian dengan 40 Pasukan Melee dan 20 Pasukan Range

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah pasukan = 40 pasukan melee, 20 pasukan range Jumlah bangunan = 16								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	103920/103920	60	23	4	89032/103920	45	0	10
2	95390/95390	60	14	7	81422/95390	46	0	10
3	136034/136034	60	13	5	110057/136034	46	0	10
4	60185/60185	60	19	5	52046/60185	46	0	10
5	88102/88169	60	7	7	73753/60185	46	0	10
6	97595/97595	60	13	5	88248/97595	45	0	10
7	88215/88215	60	20	5	68907/88215	46	0	10
8	81648/81648	60	13	5	73887/81648	46	0	10
9	96453/96453	60	13	5	76770/96453	46	0	10
10	105109/105109	60	13	6	98197/105109	45	0	10
11	106075/106075	60	19	5	89445/106075	46	0	10
12	102184/102184	60	23	4	78619/102184	46	0	10
13	83967/83967	60	23	4	73684/73684	46	0	10
14	91505/91505	60	13	5	74436/91505	46	0	10
15	119295/119295	60	24	4	95112/119295	45	0	10
16	116974/116974	60	13	5	97937/116974	45	0	10
17	91647/91647	60	13	5	75711/91647	47	0	10
18	69828/69828	60	20	5	60113/69828	46	0	10
19	104802/104802	60	13	5	90343/104802	46	0	10
20	86433/86579	60	9	8	74025/86579	46	0	10
21	78691/78691	60	21	5	64500/78691	46	0	10
22	91808/91913	60	8	8	61413/91913	46	0	10
23	90498/90565	60	8	8	74479/90565	46	0	10
24	79905/79905	60	21	5	65761/79905	46	0	10
25	74839/74839	60	10	7	54529/74839	46	0	10
26	90371/90371	60	13	5	67598/90371	46	0	10

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 40 pasukan melee, 20 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	87926/87926	60	13	6	72385/87926	46	0	10
28	115046/115046	60	23	4	97445/115046	46	0	10
29	121876/121876	60	9	6	98660/121876	46	0	10
30	103302/103302	60	13	5	64583/103302	46	0	10
31	82371/82371	60	19	5	69125/82371	46	0	10
32	106440/106440	60	13	6	87509/106440	46	0	10
33	87875/87920	60	19	4	65141/87920	46	0	10
34	135412/135412	60	13	6	111092/135412	46	0	10
35	66840/66840	60	13	5	49570/66840	46	0	10
36	61398/61398	60	11	6	56549/61398	46	0	10
37	92042/92042	60	13	6	73537/92042	46	0	10
38	87399/87399	60	21	4	68800/87399	46	0	10
39	104964/104964	60	13	5	86595/104964	46	0	10
40	139952/139952	60	13	6	122938/139952	46	0	10
41	94005/94005	60	13	6	73607/94005	46	0	10
42	99863/99863	60	18	5	78815/99863	46	0	10
43	84083/84083	60	18	5	60606/84083	48	0	10
44	70838/70838	60	7	6	52520/70838	46	0	10
45	113566/113566	60	13	6	94518/113566	46	0	10
46	90962/90962	60	14	5	67119/90962	46	0	10
47	112484/112610	60	8	8	89989/112610	46	0	10
48	97840/97840	60	13	5	89330/97840	46	0	10
49	113745/113745	60	13	6	85486/113745	46	0	10
50	79700/79700	60	13	7	59387/79700	46	0	10

Tabel Pengujian dengan 30 Pasukan Melee dan 30 Pasukan Range

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah bangunan = 16								
Jumlah pasukan = 30 pasukan melee, 30 pasukan range								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	53250/63477	60	7	7	53426/63477	45	0	10
2	73139/78811	60	18	5	50091/78811	44	0	11
3	77599/77599	60	23	5	45783/77599	44	0	11
4	83872/91774	52	0	10	69905/91774	45	0	11
5	78235/85448	60	2	8	72207/85448	44	0	10
6	98266/98266	60	19	5	79575/98266	45	0	10
7	82009/82009	60	8	7	63178/82009	45	0	11
8	85282/92348	56	0	9	60800/92348	45	0	11
9	77661/83024	52	0	10	60031/83024	45	0	10
10	89882/96966	60	5	8	82125/96966	45	0	11
11	87723/97607	60	5	8	75314/97607	45	0	11
12	97431/97431	60	22	5	74153/97431	45	0	11
13	88074/102231	60	2	8	78970/102231	45	0	10
14	96228/101587	60	9	7	76678/101587	46	0	10
15	82923/86782	60	8	6	53588/86782	45	0	10
16	87741/97222	60	5	8	74628/97222	45	0	10
17	82366/89224	49	0	10	59079/89224	45	0	10
18	99849/106759	59	0	9	74628/106759	45	0	10
19	78201/86172	60	5	8	72188/86172	45	0	10
20	145110/158105	60	3	8	122277/158105	45	0	10
21	88007/97803	60	5	8	67647/97803	45	0	10
22	69322/77529	60	8	7	61635/77529	45	0	10
23	86155/86155	60	22	5	74150/86155	45	0	10
24	119554/132560	60	6	8	93608/132560	45	0	10
25	95109/97864	60	8	6	83625/97864	45	0	10
26	84711/91268	48	0	10	77174/91268	45	0	10

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 30 pasukan melee, 30 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	102548/108552	59	0	9	90624/108552	45	0	10
28	75152/81442	60	6	8	64148/81442	45	0	10
29	74090/82843	58	0	9	53737//81442	45	0	10
30	96080/105200	60	6	8	83805/105200	45	0	10
31	64603/70344	60	3	8	50261/70344	45	0	10
32	83802/92493	60	3	8	71772/92493	45	0	10
33	90046/95453	60	5	8	71458/95453	48	0	10
34	79148/92416	48	0	10	63713/92416	45	0	10
35	81979/81979	60	23	5	55878/81979	38	0	9
36	112467/123363	60	5	9	88896/123363	38	0	9
37	86154/95192	60	6	8	75617/95192	39	0	9
38	62866/78976	52	0	10	70915/78976	38	0	9
39	88380/96421	60	4	9	84370/96421	38	0	9
40	69616/78833	52	0	10	69153/78833	38	0	9
41	99045/102979	60	6	7	84231/102979	38	0	9
42	81467/93499	60	2	9	67473/93499	38	0	9
43	82613/82618	60	7	8	70215/82618	38	0	9
44	79612/79612	60	22	5	67252/79612	38	0	9
45	105198/105198	60	22	5	86387/105198	38	0	9
46	76524/80509	52	0	10	61613/80509	39	0	9
47	75634/77343	60	8	7	68090/77343	38	0	9
48	72097/74283	60	7	7	62764/74283	39	0	9
49	112162/115870	60	7	7	81010/115870	38	0	9
50	91312/104906	60	7	8	79946/104906	38	0	9

Tabel Pengujian dengan 20 Pasukan Melee dan 40 Pasukan Range

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah bangunan = 16								
Jumlah pasukan = 20 pasukan melee, 40 pasukan range								
	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	72777/79341	52	0	9	61130/79341	35	0	10
2	88816/90104	60	8	8	76383/90104	37	0	10
3	75772/87806	60	5	8	65445/87806	38	0	9
4	99292/112992	43	0	11	74524/112992	60	4	8
5	82989/96948	59	0	9	65325/96948	37	0	10
6	89567/113790	59	0	9	88535/113790	35	0	10
7	75198/77037	60	4	7	53605/77037	36	0	10
8	68098/86169	59	0	9	66249/86169	38	0	10
9	88602/99329	60	4	8	75051/99329	36	0	10
10	94631/111041	59	0	9	77798/111041	36	0	10
11	55960/57620	60	8	8	50422/57620	38	0	9
12	83930/85264	60	8	8	67362/85264	37	0	10
13	78094/85907	53	0	9	66918/85907	60	2	8
14	63969/68774	52	0	9	58491/68774	35	0	10
15	85881/98036	59	0	9	77524/98036	36	0	10
16	104769/123069	59	0	9	101783/123069	36	0	10
17	94046/95634	60	8	8	86172/95634	37	0	10
18	108411/133220	59	0	9	106838/133220	38	0	10
19	111465/111838	60	5	8	83803/111838	35	0	10
20	87377/104206	59	0	9	73364/104206	35	0	10
21	60688/61908	52	0	9	45459/61908	36	0	10
22	77384/77511	60	7	7	60822/77511	35	0	10
23	87808/104301	59	0	9	92015/104301	37	0	10
24	81366/90688	60	4	8	84452/90688	37	0	10
25	118283/119700	60	7	8	88096/119700	35	0	10
26	80544/94409	59	0	9	76089/94409	36	0	10

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 20 pasukan melee, 40 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	85332/96793	55	0	9	71297/96793	36	0	10
28	87945/93233	52	0	9	75414/93233	35	0	10
29	87078/99523	60	5	8	66915/99523	36	0	10
30	88365/100372	60	5	8	73660/100372	36	0	10
31	103596/121519	59	0	9	98145/121519	37	0	10
32	112566/132568	59	0	9	111573/132568	35	0	10
33	65178/78361	59	0	9	56377/78361	36	0	10
34	94487/105245	60	4	8	85051/105245	36	0	10
35	68230/70962	60	4	7	53878/70962	38	0	9
36	86835/89998	58	0	8	74167/89998	36	0	10
37	78407/79695	60	8	8	68488/79695	35	0	10
38	103211/112592	60	4	8	88346/112592	36	0	10
39	81039/85824	50	8	8	58288/85824	36	0	10
40	84413/101665	59	0	9	80784/101665	35	0	10
41	60795/71381	60	5	8	67160/71381	37	0	10
42	67185/74536	60	4	8	54541/74536	36	0	10
43	60058/69663	60	5	7	42517/69663	36	0	10
44	76516/78093	60	7	8	61361/78093	36	0	10
45	77232/81414	58	0	8	63067/81414	36	0	10
46	79999/86499	52	0	9	76830/86499	36	0	9
47	46509/61795	59	0	9	51550/61795	35	0	9
48	80008/95283	60	4	8	66043/95283	36	0	10
49	84203/98516	60	4	8	81424/98516	37	0	10
50	101007/115551	59	0	9	88808/115551	35	0	10

Tabel Pengujian dengan 10 Pasukan Melee dan 50 Pasukan Range

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah bangunan = 16								
Dengan Sistem Pemilihan					Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	101302/101406	60	14	6	65086/101406	30	0	11
2	117469/117469	60	13	6	85429/117469	30	0	11
3	97732/97732	60	14	6	66218/97732	30	0	11
4	86569/86569	60	16	6	57690/86569	29	0	11
5	83472/83472	60	14	6	51252/83472	30	0	11
6	91340/91340	60	14	6	70267/91340	30	0	11
7	79402/79402	60	16	6	58214/79402	31	0	11
8	91901/91901	60	15	6	72330/91901	33	0	11
9	114513/114513	60	17	6	81506/114513	31	0	11
10	99875/99875	60	15	6	67396/99875	30	0	11
11	101116/101116	60	15	6	58350/101116	29	0	11
12	123843/123843	60	14	6	88430/123843	30	0	11
13	86576/86576	60	13	6	50464/86576	29	0	11
14	86036/86036	60	14	6	45524/86036	30	0	11
15	62148/62148	60	17	6	37065/62148	30	0	11
16	88715/88715	60	14	6	65662/88715	30	0	11
17	92135/92135	60	14	6	60273/92135	30	0	11
18	73896/73896	60	16	6	50368/73896	30	0	11
19	91358/91358	60	16	6	57956/91358	34	0	11
20	102329/102329	60	17	6	71270/102329	29	0	11
21	76395/76395	60	16	6	60256/76395	30	0	11
22	58819/60169	50	0	9	42336/60169	30	0	11
23	72828/78317	50	0	9	48159/78317	29	0	11
24	81511/83352	50	0	9	49053/83352	30	0	11
25	86993/86993	60	14	6	61058/86993	30	0	11
26	105646/105646	60	14	6	68882/105646	29	0	11

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 10 pasukan melee, 50 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	96915/101326	50	0	9	80362/101326	29	0	11
28	75670/77336	50	0	9	64900/77336	30	0	11
29	88760/88760	60	16	6	57388/88760	30	0	11
30	84537/86835	50	0	9	59018/86835	30	0	11
31	98918/98918	60	17	6	60845/98918	30	0	11
32	119016/119016	60	15	6	76302/119016	30	0	11
33	125320/125320	60	15	6	92869/125320	30	0	11
34	72440/79495	50	0	9	64268/79495	30	0	11
35	102499/102499	60	15	6	61450/102499	29	0	11
36	103933/103933	60	16	6	77348/103933	30	0	11
37	138428/138428	60	13	6	96886/138428	30	0	11
38	80373/80373	60	15	6	54853/80373	29	0	11
39	119988/119988	60	13	6	91693/119988	30	0	11
40	78778/81906	50	0	9	54193/81906	30	0	11
41	88938/88938	60	16	9	65199/88938	30	0	11
42	104838/104838	60	15	6	56792/104838	30	0	11
43	99480/99480	60	14	5	58076/99480	30	0	11
44	55497/57666	50	0	9	44912/57666	30	0	11
45	93635/93635	60	13	6	65830/93635	30	0	11
46	120384/120384	60	15	6	80003/120384	29	0	11
47	79562/79562	60	15	6	53264/79562	30	0	11
48	75428/75428	60	15	6	52080/75428	28	0	11
49	105110/105110	60	16	6	71765/105110	30	0	11
50	123945/123945	60	14	6	89851/123945	30	0	11

Tabel Pengujian dengan 60 Pasukan Range

Waktu tersedia = 60 detik Jumlah bangunan = 16								
Dengan Sistem Pemilihan					Tanpa Sistem Pemilihan			
No	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
1	95707/95707	60	25	4	60703/95707	21	0	10
2	118028/118028	60	22	4	77764/118028	28	0	12
3	61492/62662	49	0	9	40678/62662	27	0	9
4	88038/88038	60	22	4	55565/88038	23	0	12
5	73519/73519	60	23	4	55850/73519	22	0	11
6	95273/95273	60	22	4	56865/95273	27	0	12
7	75806/75806	60	26	4	35613/75806	27	0	12
8	69064/69064	60	21	5	33031/69064	27	0	12
9	95935/95935	60	22	4	57895/95935	22	0	13
10	56543/62648	47	0	8	47981/62648	28	0	11
11	108027/108027	60	22	4	81365/108027	21	0	12
12	90604/90604	60	22	4	60442/90604	23	0	11
13	100320/100320	60	21	5	47636/100320	23	0	11
14	63253/68605	49	0	9	54272/68605	28	0	11
15	104029/105693	48	0	9	85380/105693	22	0	12
16	83655/91283	48	0	9	54048/91283	27	0	9
17	103409/103409	60	22	4	65317/103409	21	0	12
18	92617/92617	60	23	4	69855/92617	23	0	11
19	85998/85998	60	22	4	61406/85998	21	0	10
20	97444/97444	60	23	4	70105/97444	22	0	11
21	99891/99891	60	22	4	58275/99891	27	0	9
22	80338/80338	60	23	4	54599/80338	23	0	11
23	73868/73868	60	24	3	38860/73868	21	0	11
24	102909/102909	60	23	4	71272/102909	23	0	11
25	91467/91467	60	25	4	58924/91467	22	0	12
26	117760/117760	60	23	4	75904/117760	23	0	12

Waktu tersedia = 60 detik

Jumlah pasukan = 60 pasukan range

Jumlah bangunan = 16

No	Dengan Sistem Pemilihan				Tanpa Sistem Pemilihan			
	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan	Sumberdaya	Waktu	Pasukan	Bangunan
27	92679/92679	60	22	4	66652/92679	22	0	10
28	110542/110542	60	22	4	78290/110542	22	0	10
29	102316/102316	49	0	9	86125/102316	23	0	12
30	106001/106001	60	23	4	64676/106001	23	0	10
31	109939/109939	60	22	4	71436/109939	28	0	12
32	92721/92721	60	23	4	73330/92721	28	0	10
33	122505/122505	60	21	5	69945/122505	27	0	11
34	104728/104728	60	23	4	66728/104728	22	0	12
35	68723/73603	49	0	9	46011/73603	21	0	10
36	95563/95563	60	21	5	63873/95563	29	0	10
37	80432/83886	49	0	9	64556/83886	22	0	10
38	101431/101431	60	24	4	58138/101431	28	0	11
39	108272/108272	60	22	4	68948/108272	22	0	12
40	111309/111309	60	22	4	81542/111309	23	0	12
41	87560/87560	60	21	5	55984/87560	23	0	11
42	125570/125570	60	23	4	66482/125570	23	0	10
43	110724/110724	60	22	4	71808/110724	21	0	13
44	87945/87945	60	23	4	61455/87945	23	0	12
45	109004/109004	60	23	4	61704/109004	21	0	10
46	85817/88452	49	0	9	69927/109004	21	0	10
47	113442/113442	60	23	4	83086/113442	28	0	10
48	93835/93835	60	21	5	56630/93835	21	0	11
49	69099/69099	60	23	4	43614/69099	27	0	11
50	99804/99804	60	23	4	73960/99804	28	0	11

BIOGRAFI PENULIS



Nama : Abdi Kurniawan Radja

Tempat tanggal lahir : Kupang 13 Januari 1991

Alamat : Jl. Gajah Mada No.31A, Fontein, Kupang - NTT

Email : labeneamata13@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

- 1995-2001 SDK Santo Yosep 1 Kupang
- 2001-2004 SMPKr Mercusuar Kupang
- 2004-2007 SMAKr Mercusuar Kupang
- 2007-2012 Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
- 2013-2016 Program Magister Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia Bidang Konsentrasi Game Technology.